جمهورية مصر العربية
وزارة التربية و التعليم
قطاع الكتب

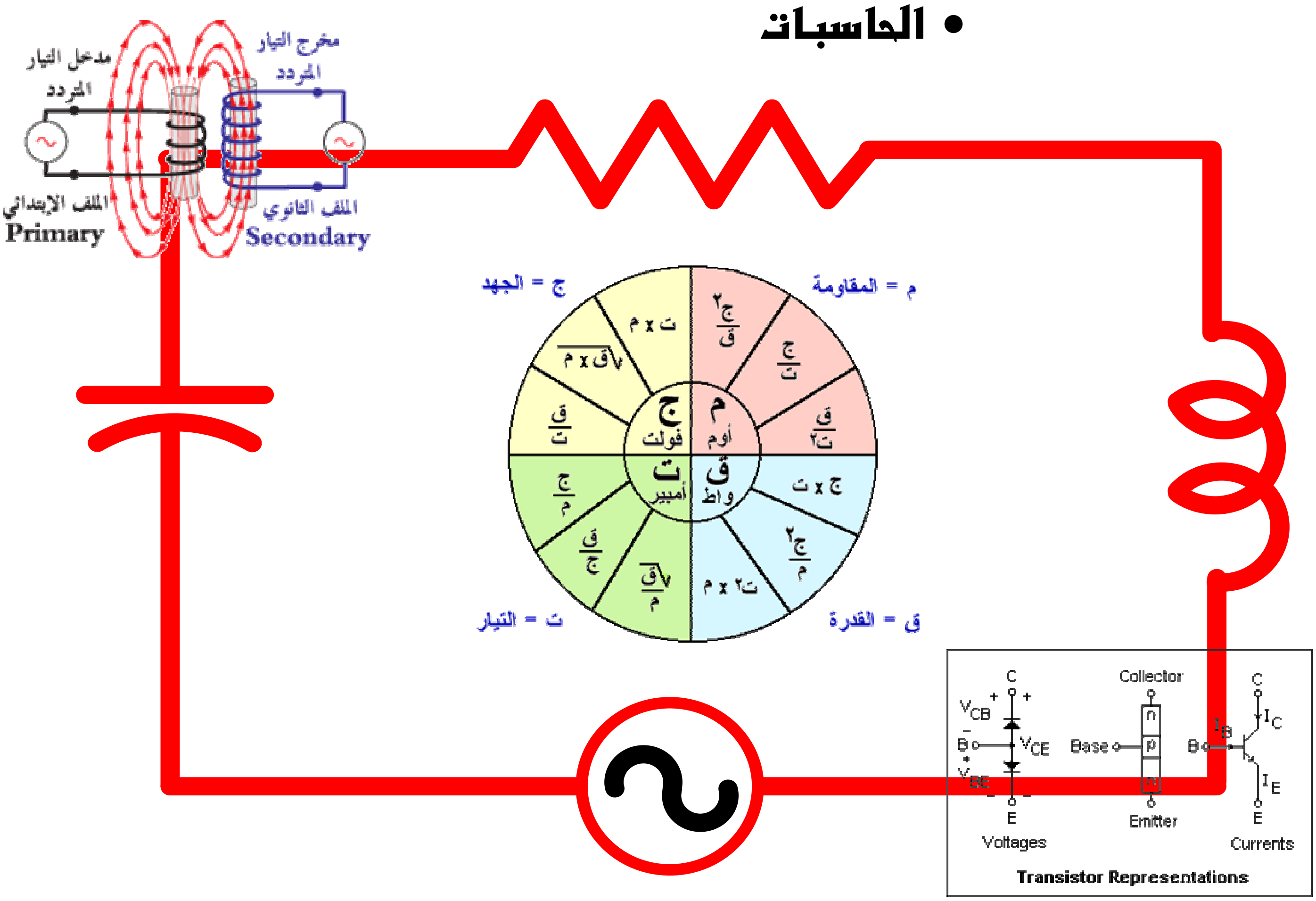
أساسيات الهندسة الكهربية

الصف الأول

بالمدارس الثانوية الصناعية نظام السنوات الثلاث

تخصص الصناعات الكهربية

- تركيبات ومعدات كهربية
- الكترونيات
- الحاسبات



جمهورية مصر العربية
وزارة التربية و التعليم
قطاع الكتب

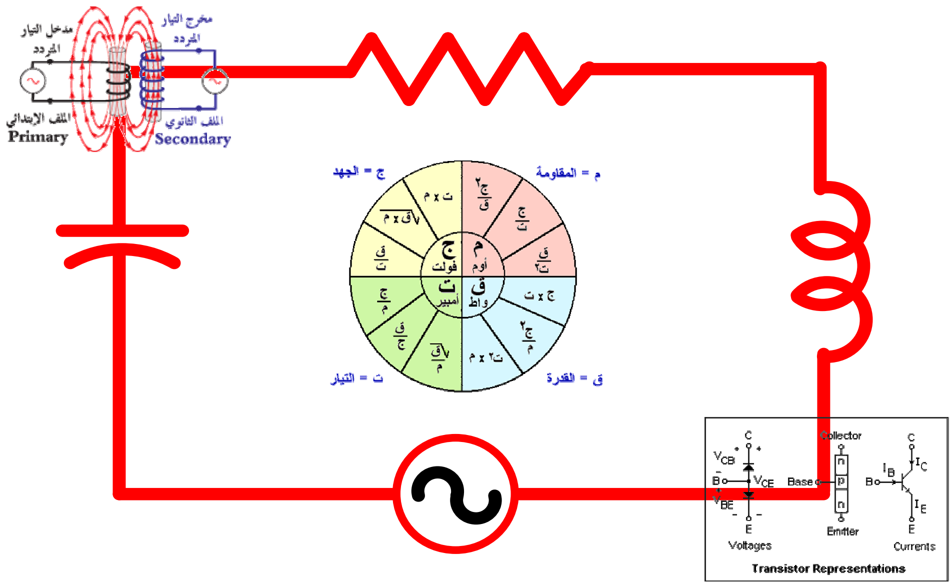
أساسيات الهندسة الكهربية

الصف الأول

بالمدارس الثانوية الصناعية نظام السنوات الثلاث

تخصص الصناعات الكهربية

- تركيبات ومعدات كهربية
- الكترونيات
- الحاسبات



تأليف

مهندس/ ابراهيم السيد بدوى العرجه
موجه عام الالكترونيات العلمى

مهندس/ فكرى عثمان ابراهيم عثمان
موجه عام الكهرباء العملى

مراجعة

دكتور مهندس/ محمد رشاد سالم شهاب الدين

كلية الهندسة/ جامعة حلوان

تأليف

مهندس / ابراهيم سيد بدوى — موجه عام الالكترونيات

مهندس / فكرى عثمان ابراهيم — موجه عام الكهرباء

مراجعة

د . م / محمد رشاد سالم شهاب الدين

تقديم

تم بحمد الله وضع هذا الكتاب في أساسيات الهندسة الكهربية والالكترونية لطلاب الصف الأول شعبة : الصناعات الكهربية (تركيبات ومعدات كهربية – الكترونيات –حاسبات) للمدارس الثانوية الصناعية نظام السنوات الثلاثة . ونأمل أن يجد الطالب فيه ما يسد حاجته لإكتساب المعرفة الفنية لأساسيات الهندسة الكهربية والالكترونية .

ويشتمل هذا الكتاب على جميع أجزاء المنهج موزعة على ستة أبواب للمنهج النظرى وقد روعي عند وضع هذا الجزء من الكتاب أن يحتوى على أشكال توضيحية لتطبيق المعلومة النظرية على الواقع . كما وضع في نهاية كل باب ملخص بعنوان تذكر لأهم النقاط في هذا الباب مع تمارين لقياس قدرة الطالب على الفهم والتذكر والتطبيق والإبداع.

كما وضع المنهج المعملى بالكتاب بحيث يشتمل على عدد من التجارب المعملية لإثبات صحة بعض القوانيين ودراسة خواص بعض العناصر الكهربية والإلكترونية التى سبق دراستها بالجزء النظرى وفى النهاية وضع الجزء الأخير من الكتاب للمنهج العملى وفيه تم التعرض للعدد والآلات المستخدمة فى شعبة الصناعات الكهربية (تركيبات ومعدات كهربية – الكترونيات – حاسبات) وكذلك توضيح كيفية التعرف العملى على العناصر الأساسية السابق شرحها فى المنهج النظرى وكيفية التعرف عليها وقراءة قيمتها وتوصيلها وإختبارها ، ثم تطبيقات على توصيلها فى بعض الدوائر (الكهربية – الإلكترونية) البسيطة .

ونرجو أن يحوز هذا الكتاب ثقة ورضا الجميع

والله من وراء القصد وهو نعم المولى ونعم الهادي إلى سواء السبيل .

المؤلفان

الصف : الأول	**شعبة : الصناعات الكهربائية**
المادة : أساسيات الهندسة الكهربية والإلكترونية	**تخصص : تركيبات ومعدات كهربية**
عدد الحصص : (٤) أربعة حصص أسبوعياً	**: الكترونيات**
	: حاسبات

....

الأهداف العامة للمادة :

١. تعرف الطالب على مكونات الدوائر الكهربية والالكترونية .

٢. دراسة كيفية تصرف العناصر الكهربية والالكترونية مع التيار الكهربي .

٣. تأثيرات التيار الكهربي المختلفة .

٤. تحقيق ما سبق معملياً .

٥. دراسة بعض التطبيقات العملية للعناصر السابقة .

الباب الأول : عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية :

١–١ الدائرة الكهربية (مصدر تيار كهربي – حمل – حماية وتحكم) .

١–٢ الجهد الكهربي – التيار الكهربي – وحدات قياس كل منها – قانون أوم .

١–٣ المقاومات – تعريفها – وحدات قياسها – أنواعها – جدول الألوان لتحديد قيم المقاومات – التوصيلة ووحداتها .

١–٤ طرق توصيل المقاومات (توالي – توازي – مركب) – مقسمات الجهد – مقسمات التيار – مقننات القدرة للمقاومات .

١–٥ تأثير الحرارة على المقاومة – الترميستور ذو معامل التمدد الحراري الموجب والسالب (N T C , P T C) خواص كل منها واستخداماتها .

١–٦ المكثفات – تعريفها – وحدات قياس سعة المكثفات – العوامل التي تؤثر على السعة – أنواع المكثفات – استخداماتها – طرق توصيل المكثفات (توالي – توازي – تضاعف) .

١–٧ الملفات – تعريفها – أنواعها – استخداماتها .

الباب الثاني : التأثيرات المختلفة للتيار الكهربي :

٢- ١ التأثير الكهرومغناطيسي :

٢-١-١ المجال المغناطيسى حول موصل – ق . د . ك المستنتجة – قاعدة اليد اليمنى لفلمنج ونظرية المولد الكهربي – الحث الذاتي – الحث المتبادل .

٢-١-٢ حساب شدة المجال المغناطيسى عند نقطة تبعد عن موصل يحمل تيار " قانون بيوت سافارت " .

٢-١-٣ المجال المغناطيسي لتيار يمر في (موصل مستقيم – موصل دائرى – في ملف دائرى).

٢-١-٤ القوة الدافعة الكهربية المتولدة في موصل يتحرك في مجال مغناطيسى .

٢-١-٥ القوة الميكانيكية الناشئة عن مرور تيار موصل موجود في حيز مغناطيسي .

٢-٢ المحولات الكهربية : (تعريف المحول – تركيبه – أنواع المحولات – استخدامات المحولات)

الباب الثالث : نظريات الدوائر الكهربية :

٣-١ قانونى كيرشوف – أمثلة وتطبيقات على قانونى كيرشوف .

٣-٢ نظرية ثفنن – أمثلة وتطبيقات على نظرية ثفنن .

الباب الرابع : التيار المتردد :

٤-١ طرق توليده :

٤-١-١ توليد الموجه الجيبية – التردد – الزمن الدوري – الوجه – الاختلاف الوجهي .

٤-١-٢ قيم الجهد والتيار المتردد للموجه الجيبية (القيمة اللحظية – القيمة المتوسطة – القيمة الفعالة – القيمة العظمي – معامل الشكل) .

٤-٢ دوائر التيار المتردد :

٤-٢-١ تأثير العناصر (L – R – C) في دوائر التيار المتردد – توصيل المقاومة في

دائرة التيار المتردد – توصيل المقاومة والمكثف توالي – توصيل المقاومة والملف توالي – توصيل المقاومة والملف والمكثف توالي .

٤–٢–٢ حساب المعاوقة والممانعة الكلية في كل حالة والمتجهات لكل من التيار والجهد والممانعة .

٤–٢–٣ توصيل المقاومة والملف توازى – توصيل المقاومة والمكثف توازى – حساب المعاوقة والممانعة الكلية والمتجهات لكل من التيار والجهد والممانعة .

٤–٢–٤ استنتاج حالة الرنين في الدوائر السابقة .

الباب الخامس : أشباه الموصلات :

٥–١ مقدمة .

٥–٢ دراسة تركيب وخواص واستخدام كل من :

ثنائى الوصلة – ثنائي الزينر – الترانزستور (N P N – P N P) – ترانزستور تأثير المجال JFET – MOSFET – الترانزستور أحادى الوصلة UJT – الدياك – الترياك – ثنائي الفاركتور – ثنائي الثيراستور SCR .

الباب السادس : الدوائر المتكاملة – والنبائط الضوئية :

٦–١ الدوائر المتكاملة – التعريف – التصنيف – المزايا .

٦–٢ الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة – مثال لدائرة الكترونية على شكل دائرة متكاملة

٦–٣ النبائط الحساسة للضوء : المقاومة الضوئية – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – الخلايا الشمسية .

٦–٤ النبائط المشعة للضوء : الثنائى المشع للضوء – نبائط العرض ذات السبع شرائح – مبينات السائل البللورى – ثنائى الليزر

الصف : الأول **شعبة : الصناعات الكهربائية**

المادة : معمل أساسيات الهندسة الكهربية والإلكترونية **تخصص : تركيبات ومعدات كهربية**

عدد الحصص : (١) حصة واحدة أسبوعياً **: الكترونيات**

: حاسبات

....

تجربة رقم (١)

التعرف على أجهزة القياس واستخداماتها لقياس الجهد والتيار المتغير والمستمر .

تجربة رقم (٢)

تحقيق قانون أوم – حساب قيمة مقاومة مجهولة ومقارنتها بقيمة مقاومة معلومة .

تجربة رقم (٣)

دراسة توصيل المقاومات " توالى – توازي " ومعرفة خواص كل منها .

تجربة رقم (٤)

كيفية تعيين حث الملف وسعة المكثف .

تجربة رقم (٥)

تحقيق قانونا كيرشوف للتيار والجهد .

تجربة رقم (٦)

دراسة خواص ثنائي السيليكون .

تجربة رقم (٧)

دراسة خواص ثنائي الزينر

تجربة رقم (٨)

دراسة خصائص الترانزستور ثنائي الوصلة

الصف : الأول **شعبة : الصناعات الكهربائية**

المادة : أساسيات الهندسة الكهربية والإلكترونية (تطبيقات) **تخصص : تركيبات ومعدات كهربية**

عدد الحصص : (٤) أربعة حصص أسبوعياً **: الكترونيات**

: حاسبات

....

الباب الأول : السلامة والصحة المهنية :-

١-١ قواعد الأمن والسلامة داخل مكان العمل فكرة مبسطة عن مصادر التيار الكهربي وطرق توزيعه .

١-٢ مخاطر الكهرباء (مخاطر تؤثر على الإنسان – مخاطر تؤثر على المنشآت والمواد) .

١-٣ طرق الوقاية من مخاطر التيار الكهربي والصدمة الكهربية والإسعافات الأولية للمصابين بالصدمة الكهربية .

١-٤ التدريب عن طريق المشاهدة والمحاكاة على كيفية إسعاف المصاب بالصدمة الكهربية .

الباب الثاني : التدريب على استخدام العدد والأجهزة الميكانيكية والكهربية :-

٢-١ شرح مبسط للعدد والأدوات والأجهزة الميكانيكية والكهربية وأجهزة القياس المستخدمة

في التدريبات المهنية (التزجة – بنك الشغل – المثاقيب – ماكينة حجر الجلخ – عدد البرادة – عدد القياس والضبط والشنكرة – عدد وأجهزة الطرق والقطع والنشر والثقب والقلوظة – عدد فك وربط المسامير والصواميل – الزراديات – القصافة الجانبية – زرادية تقشير الأسلاك – زرادية ضغط نهايات أطراف الأسلاك – المفكات – ماكينة اللحام بالنقطة – كاويات اللحام الكهربية) .

٢-٢ تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية فى استخدام العدد والأدوات والآلات

والأجهزة السابقة يستخدم فيها الصاج والصفيح الفرنساوى (ضاغط رقائق محول – وصل قطعتين من الصاج باستخدام مسامير البرشام – وصل قطعتين من الصفيح الفرنساوى باستخدام ماكينة اللحام بالنقطة – التدريب على أعمال القص المستقيم والمنكسر والمنحنى).

الباب الثالث : الموصلات المستخدمة في الدوائر الكهربائية :-

٣-١ تعريف وشرح الأنواع المختلفة للأسلاك (المفردة – الشعيرات) المستخدمة في التركيبات الكهربية .

٣-٢ تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في تقشير الأسلاك وعمل الوصلات المختلفة بها : وصلة البوات (ذيل الفار) – (وصلة عدلة – وصلة حرف T) من السلك المفرد ذو الشعيرات ٦مم – عمل العروة وقصدرتها – تركيب النهايات المختلفة للموصلات ذات الشعيرات .

الباب الرابع : دوائر الإضاءة الكهربية :-

٤-١ تعريف وشرح : الرموز والمصطلحات المستخدمة في التركيبات الكهربية – أجهزة (الفولتميتر – الاميتر – الافوميتر – الاوسيلوسكوب) أنواعها ، طرق توصيلها – أنواع المصابيح الكهربية المستخدمة في الإضاءة – أنواع المواسير المستخدمة في التركيبات الكهربية

٤-٢ تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في تنفيذ عدد من دوائر الإضاءة (دائرة مصباح عادة بمفتاح – دائرة مصباح عادة بمفتاح ومأخذ تيار (بريزة) – دائرة مصباحين على التوالي – دائرة مصباحين على التوازي دائرة مصباح يتم التحكم فيه من مكانين – دوائر أجراس .

الباب الخامس : العناصر الالكترونية :-

٥-١ التدريب على قراءة وقياس وتحديد الأطراف واختبار العناصر الالكترونية مثل : المقاومات – المكثفات – الملفات – المحولات – الثنائي الموحد – ثنائى الزنير – الترانزستور – الثايرستور – الترياك – الدياك – المقاومة الضوئية – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – الخلية الضوئية – الدوائر المتكاملة – شاشة الإظهار الرقمية – اللوحة المطبوعة (البرنتد).

٥-٢ تنفيذ تمرينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في عمليات اللحام .

الباب السادس : تمارين لإكساب المهارات :

٦-١ تنفيذ تمرين لوحة مطبوعة بالنحاس .

٦-٢ تنفيذ تمرينات اللحام بالكاوية الكهربية (لحام الأسلاك) .

٦-٣ تنفيذ تمارين توصيل مقاومات ومكثفات (توالي – توازى – تضاعف) .

٦-٤ تنفيذ تمارين دوائر توحيد التيار الكهربي (نصف موجه – موجه كاملة) – مضاعف جهد – مثبت جهد بالترانزستور والزينر – منظم جهد بالدائرة المتكاملة .

٦-٥ تنفيذ دوائر التحكم باستخدام الثايرستور – الترياك – الدياك – المقاومة الضوئية – الترانزستور الضوئي .

الباب الأول

عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية

١–١ الدائرة الكهربية (مصدر تيار كهربى – حمل – حماية وتحكم)

١–٢ الجهد الكهربى – التيار الكهربى – وحدات قياس كل منها – قانون أوم

١–٣ المقاومات – تعريفها – وحدات قياسها – أنواعها – جدول الألوان لتحديد قيم المقاومات – التوصيلية ووحداتها

١–٤ طرق توصيل المقاومات (توالى – توازى – مركب) مقسمات الجهد – مقسمات التيار – مقننات القدرة للمقاومات

١–٥ تأثير الحرارة على المقاومة – الثرمستور ذو معامل التمدد الحرارى الموجب والسالب – خواص كل منهما واستخداماتها

١–٦ المكثفات – تعريفها – وحدات قياس سعة المكثفات – العوامل التى تؤثر على السعة – أنواع المكثفات – استخداماتها – طرق توصيل المكثفات (توالى – توازى – تضاعف)

١–٧ الملفات – تعريفها – أنواعها – استخداماتها

الباب الأول

عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية

١-١ **الدائرة الكهربية** (مصدر تيار كهربي – حمل – حماية وتحكم) .

الدائرة الكهربية :

يمكن تعريف الدائرة الكهربية البسيطة بأنها مسار مغلق للتيار الكهربي حيث يمر التيار الكهربي من النقطة الاعلى جهداً إلى النقطة الأقل جهداً .

عناصر الدائرة الكهربية البسيطة :

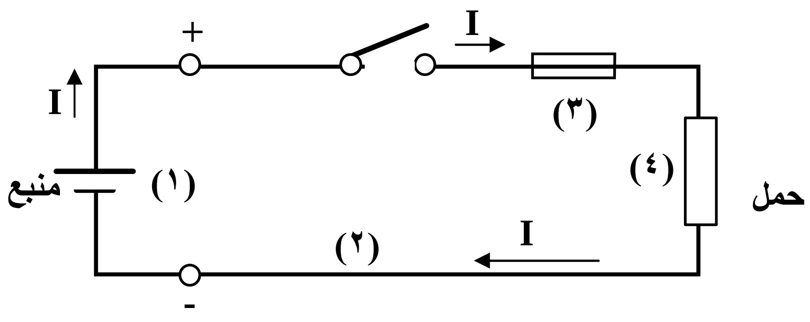
تتكون الدائرة الكهربية في أبسط صورة من عناصر أساسية هي:

١-منبع كهربي

٢-أسلاك توصيل

٣-حماية وتحكم

٤-أحمال كما في شكل (١-١)

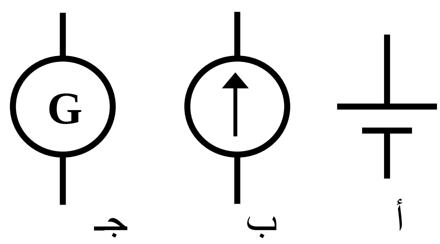


شكل (١-١)

١- المنبع الكهربي :

يقوم المنبع الكهربي بتحويل أى صورة من صور الطاقة المختلفة مثل الطاقة الميكانيكية – الطاقة الكيميائية – الطاقة الحرارية – الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية .

تتحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية عن طريق المولد الكهربي ويرمز لها بالرمز المبين بشكل (١-٢-أ) . وتتحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربية أثناء تفريغ البطاريات الثانوية " المراكم " ويرمز للبطارية بالرمز المبين بشكل (١-٢- ب) . وتتحول الطاقة الحرارية الى طاقة كهربية عن طريق الأزدواج الحراري كما تتحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربية عن طريق الخلية الكهروضوئية .



شكل (١-٢)

ويرمز للينبوع الكهربي عموماً بطرفين الطرف السالب وهو الطرف الأقل جهد ويميز بالعلامة (−) والطرف الموجب هو الطرف الأعلى جهداً ويميز بالعلامة (+) وفي معظم الأحيان لا توضع علامات على أطراف البطارية فالمفهوم أن الخط الطويل يمثل الطرف الموجب والخط القصير يمثل الطرف السالب . أما في المولد فيكتفي بوضع السهم أو علامات إذ يسرى التيار من الطرف الموجب إلى الطرف السالب في الدائرة الخارجية ومن الطرف السالب إلى الطرف الموجب خلال المنبع الكهربي . والقوى التي تدفع التيار الكهربي على التحرك ضد مقاومات الدائرة كلها تعرف بإسم القوة الدافعة الكهربية وإختصارها (ق . د . ك) ويرمز لها بالرمز E أو e وهى لا تساوى فرق الجهد بين طرفي المنبع إلا في حالة الدائرة المفتوحة .

ووحدة القوة الدافعة الكهربية هى نفس وحدة فرق الجهد أى " الفولت " وهناك وحدات أكبر للجهد وهى كيلو فولت ويكتب بإختصار (K.V) ويساوى ١٠٠٠ فولت وميجافولت (M.V) ويساوى مليون فولت أى ١٠ ^{٦} فولت ولإعطاء فكرة عن قيم جهد المنبع نجد أن : جهد البطارية الجافة ١.٥ فولت وجهد الإنارة في المنازل ٢٢٠ فولت وفي المصانع ٢٢٠/٣٨٠ فولت وجهد الخطوط الهوائية أو الكابلات الأرضية لنقل القدرة يتراوح بين ٣٠ فولت إلى أكثر من ٥٠٠ كيلو فولت .

٢– أسلاك التوصيل :

وهى مسار التيار الكهربي وهى غالباً ما تصنع من النحاس الأحمر أو الألومنيوم وهى أسلاك معزولة ومقطعها يتناسب مع شدة التيار المار فيها وهى تقوم بتوصيل التيار الكهربي من المنبع إلى الحمل.

٣– الحماية والتحكم :

أبسط وسيلة للتحكم هى المفتاح وهو وسيلة التوصيل والفصل ، المصهرات أبسط وسيلة للحماية ضد زيادة التيار.

٤– الأحمال :

وهى الأجهزة الكهربية المختلفة مثل المصابيح أو المحركات وهى التي يمر بها التيار الكهربي وعملها هو تحويل الطاقة الكهربية إلى أشكال أخرى من الطاقة .

وتشكل الأحمال مقاومة في طريق مرور التيار الكهربي

١-٢ الجهد الكهربي :

الجهد المطلق عند نقطة هو الشغل اللازم لتحريك أو نقل وحدة الشحنات الموجبة من مالانهاية إلى هذه النقطة ، ويرمز لها دائما بالرمز V ووحداته هى الفولت ، وفي اغلب الأحيان يكون الاهتمام بفرق الجهد بين نقطتين أكثر من الأهتمام بالجهد المطلق عند نقطة ما . ويعرف فرق الجهد الكهربي بين نقطتين بأنه الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من نقطة إلى أخرى . ويقاس الجهد الكهربي بواسطة جهاز فولتميتر ويوصل بالتوازي مع المنبع .

١-٢-١ القوة الدافعة الكهربية :

تمثل القوة الدافعة الكهربية الجهد الخاص بالمصدر الكهربي (جهد البطارية أو جهد المولد) وهى القوة التي تجبر الشحنات الموجبة على الحركة من نقطة ذات جهد منخفض إلى نقطة ذات جهد مرتفع داخل مصدر الطاقة الكهربية . ودائماً ما يكون لهذا المصدر مقاومة داخلية تسبب فقداً في قيمة القوة الدافعة الكهربية له . هذا الفقد قيمته صغيرة ولكن لا بد من أخذه في الاعتبار .

وحدة قياس القوة الدافعة الكهربية هى الفولت .

التيار الكهربي :

التيار الكهربي هو معدل سريان الالكترونات في الموصل (الشحنة الكهربية) ويكون اتجاه التيار الكهريى في إتجاه معاكس لإتجاه حركة الالكترونات الحرة .

يسرى التيار الكهربي بفعل القوة الدافعة الكهربية للمنبع الكهربى وهذا التيار يحمل الطاقة الكهربائية من المنبع إلى أجزاء الدائرة المختلفة ووحدة قياس التيار الكهربي هى الأمبير وتقاس بجهاز الأميتر الذى يوصل بالتوالي بالدائرة المراد قياس شدة التيار المار بها .

المقاومة الكهربية :

هى مقاومة الأجزاء المختلفة المكونة للدائرة الكهربية التي تحد من شدة التيار الكهربي وتقاس المقاومة بوحدة الأوم ويرمز لها بالرمز Ω والأوم هو مقاومة الموصل الذي يمر به تيار شدته أمبير واحد ومقدار فرق الجهد بين طرفيه ١ فولت وتقاس بجهاز الأوميتر " قياس مباشر " .

قانون أوم :

إستطاع العالم الالماني جورج سيمون أوم أن يجد عن طريق التجربة العلاقة بين الجهد والتيار فى موصل كهربي وقدم القانون المعروف بقانون أوم الذى ينص على :

" فرق الجهد بين طرفي موصل كهربي يساوى حاصل ضرب كل من مقاومة الموصل والتيار المار فيه " .

ويمكن تمثيل قانون أوم رياضياً على الصورة

$$V = I . R$$

حيث V فرق الجهد ويقدر بالفولت .

I شدة التيار وتقدر بالامبير .

R قيمة المقاومة وتقدر بالأوم .

ويعرف الأوم : بأنه المقاومة التي تسمح بمرور تيار قيمته واحد أمبير عندما يكون فرق الجهد بين طرفي المقاومة واحد فولت .

ويمكن كتابة قانون أوم في عدة صورة كالآتى :

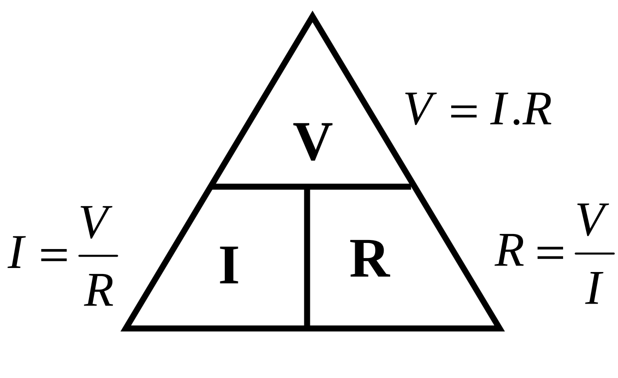
فرق الجهد = شدة التيار × المقاومة $\quad V = I . R$

الوحدات : الفولت = أمبير × أوم

ومنه شدة التيار = $\dfrac{\text{الجهد}}{\text{المقاومة}}$ $\quad I = \dfrac{V}{R}$

الوحدات الأمبير = $\dfrac{\text{فولت}}{\text{أوم}}$

والشكل يبين حالات قانون أوم



<u>العوامل التي تتوقف عليها قيمة مقاومة الموصل :</u>

تتوقف مقاومة الموصل على عدة عوامل هي :

أ- **نوع مادة الموصل:** لأن كل مادة تختلف عن الأخرى من حيث عدد الالكترونيات الحرة الموجودة في المدار الخارجي لذرة المادة ويعبر عن تغير المقاومة بتغير مادة الموصل بالمعامل ρ ويسمى المقاومة النوعية لنوع مادة الموصل ووحدته هى أوم. مم٢/م وهذه المقاومة النوعية تتناسب تناسباً طردياً مع المقاومة ($R \propto \rho$) أى أنه كلما زادت المقاومة النوعية لنوع مادة الموصل كلما زادت مقاومته وذلك عند ثبوت طول مادة الموصل ومساحة مقطعها .

ب- **طول الموصل** : تتوقف مقاومة الموصل كذلك على طوله فكلما زاد طول الموصل كلما زادت مقاومته نتيجة لزيادة تصادم الشحنات المتحركة($R \propto L$)عند ثبوت نوع المادة ومساحة مقطعها.

جـ- **مساحة مقطع الموصل** : تتوقف مقاومة الموصل كذلك على مساحة مقطعه فكلما زادت مساحة مقطع الموصل كلما قلت مقاومته أى أن مقاومة الموصل تتناسب عكسياً مع مساحة مقطعه $R \propto \frac{1}{a}$ وذلك عند ثبوت نوع مادة الموصل وطولها .

∴ مقاومة الموصل = $\frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول الموصل}}{\text{مساحة مقطع الموصل}}$

$$R = \frac{\rho L}{a} \Omega$$

أمثلة على قانون أوم

مثال (١) : ما هى القوة الدافعة الكهربية لبطارية مقاومتها الداخلية ٠.٥ أوم لكي يمر تيار شدته ٠.٦ أمبير في دائرة خارجية مقاومتها ٢ أوم .

الحل : مقاومة الدائرة هى مجموع مقاومات أجزاء الدائرة المختلفة .

E = القوة الدافعة الكهربية .

I= شدة التيار المار = ٠.٦ أمبير

R = المقاومة الخارجية = ٢ أوم ، المقاومة الداخلية للبطارية r = ٠.٥ أوم

مقاومة الدائرة الكلية = (R + r)

$E = I (R + r)$

$= 0.6 (2 + 0.5) = 1.5 \quad Volts$

مثال (٢) : وصلت مقاومة مقدارها ٤ أوم بمنبع قوته الدافعة الكهربية ٢.٤ فولت فكان فرق الجهد بين طرفى المقاومة ٢ فولت .

احسب ما يلى :

(أ) شدة التيار المار في الدائرة

(ب) المقاومة الداخلية للمنبع

الحل :

$E = R . I$

$2 = 4 . I$

$\therefore I = \frac{2}{4} = 0.5\, A$

بالنسبة للمنبع

$E = I (R + r)$

$2.4 = 0.5 (4 + r).$

$2.4 = 2 + 0.5\, r$

المقاومة الداخلية للمنبع

$r = 0.8\ \Omega$

١–٣ المقاومات :

تعريفها : هى مقاومة الأجزاء المختلفة في الدائرة الكهربية التي تحد من شدة تيار الدائرة وتقاس بوحدة الأوم ويرمز لها بالرمز (Ω) والمقاومة هى أحد العناصر الثلاثة الأساسية والفعالة في الدوائر الكهربية (العنصران الآخران هما الحث الذاتي والسعة الكهربية) . وكل عنصر من العناصر الثلاثة له قيمة معينة من المقاومة الكهربية ، وبصفة عامة يمكن إهمال هذه القيمة لكل من الملفات والمكثفات الكهربية لضعف تأثيرها .

ومن وجهة نظر الدائرة الكهربية يمكن إعتبار المقاومة الكهربية كنبيطة تمتلك علاقة ثابته بين فرق الجهد بين طرفيها والتيار المار فيها . وبذلك تخضع المقاومة الكهربية لقانون أوم .ومن

وجهة نظر الطاقة يمكن إعتبار المقاومة الكهربية كنبيطة (DEVICE) لتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة حرارية .

تتراوح قيم المقاومات من مللي أوم إلى الملايين من الأوم ويستخدم هذا النوع من المقاومات في الآلات الكهربية وأجهزة القياس والدوائر الالكترونية والأجهزة الحرارية وخلافه.

يتوقف اختيار المقاومات على عدة اعتبارات يمكن إيجازها فيما يلي:

(أ) قيمة المقاومة المطلوبة :

فمثلاً تكون المقاومة صغيرة القيمة في حالة الآلات الكهربية وأجهزة القياس بينما تكون قيمتها كبيرة جداً في الدوائر الالكترونية .

(ب) القدرة الكهربية المفقودة في المقاومة :

وهى القدرة التي تتحول إلى حرارة وهى تساوى حاصل ضرب كل من فرق الجهد بين طرفي المقاومة وشدة التيار المار فيها . ووحداتها هى الوات .

وتكتب على المقاومة قيمة قدراتها المقننة (Rated Power) وهى أقصى قيمة للقدرة يمكن ان تتحملها المقاومة ، ويجب أن لا تزيد القدرة المفقودة في المقاومة عن قدرتها المقننة حتى لا تتعرض لإرتفاع درجة حرارتها، ويؤدي ذلك إلى تلفها .

(حـ) درجة التفاوت أو السماح في قيمة المقاومة :

وهى تمثل نسبة مئوية من القيمة الإسمية للمقاومة تزيد أو تقل قيمتها عن القيمة المقننة (الإسمية) . ولذلك تكتب العلامة ± قبل قيمة التفاوت .

فمثلاً إذا كانت قيمة المقاومة الإسمية ١٠٠ أوم بتفاوت ± ٥% فتكون قيمة هذه المقاومة تتراوح بين ٩٥ إلى ١٠٥ أوم . تعتمد قيمة التفاوت على دقة الصناعة وعلى نوع المادة المصنوعة منها المقاومة .

(د) معامل المقاومة الحراري :

تتناسب قيمة المقاومة الكهربية لجميع الموصلات تناسباً طردياً مع درجة الحرارة ، حيث تزيد بقيم مختلفة تتوقف على فروق درجات الحرارة ونوع مادة الموصل .

تعريف المعامل الحراري : يعرف المعامل الحراري لأى مادة بأنه مقدار التغير في قيمة مقاومة هذه المادة عندما تتغير درجةحرارتها درجة واحدة مئوية ،ويرمز له بالرمز (α) ووحداته هى اوم/ م°

(هـ) سعر المقاومة :

فمثلاً في دوائر الراديو والتليفزيون يعتبر سعر المقاومة عامل مهم عند اختيار المقاومات .

(و) عمر المقاومة :

إذ أنه من المعروف أن طول مدة الاستعمال يسبب تغيراً في قيمة المقاومة الكهربية – وكلما زاد العمر الافتراضي للمقاومة كلما زاد سعرها .

تتقسم المقاومات الكهربية (من حيث قيمتها) إلى مقاومات ثابتة القيمة (أو المقاومات العيارية) ومقاومات متغيرة القيمة .

<u>المقاومات العيارية :</u> المقاومة العيارية هى المقاومة ثابتة القيمة ، وتتميز هذه المقاومة بأنه لا يمكن تغيير قيمتها ، وبالتالي تضاف قيمتها الكلية إلى قيمة مقاومة الدائرة الكهربية التي توصل بها . ويتميز هذا النوع من المقاومات أيضاً بأن كل مقاومة لها طرفان يتم توصيلهما بالدائرة الكهربية عن طريقهما . وتستخدم المقاومات العيارية كأحمال كهربية مثل لمبات الإضاءة والسخانات الكهربية وفي الدوائر الالكترونية (راديو – تليفزيون وغيرها) .

وتصنع المقاومات العيارية من سبيكة من المنجانين أو الكنستنتان . وهى تلف على اسطوانه عازلة وهى ذات قيم محددة لا تتعدى نسبة الخطأ في تحديد قيمتها عن جزء من عشرة آلاف جزء ويجب أن تتوفر الشروط التالية في المقاومة العيارية :

أ- ثبوت قيمة المقاومة مع الزمن .

ب- أن يكون المعامل الحراري للمادة المصنوع منها المقاومة صغيراً جداً .

حـ- أن تكون القوة الدافعة الكهربية عند الاتصال بأسلاك نحاسية صغيرة جداً ويوضح شكل (١-٣ – أ) مقاومة ثابتة القيمة (ذات طرفين لتوصيلها بالدائرة الكهربية) وهناك نوع آخر من المقاومات ثابتة القيمة لها أكثر من وصلة بين طرفيها وتسمي مقاومة متعددة الوصلات وبتوصيل أحد الوصلات المختلفة إلى الدائرة الكهربية نحصل علي قيم مختلفة للمقاومة . كما فى شكل (١-٣- ب) .



شكل (١-٣-أ ، ب)

وتنقسم المقاومات ثابتة القيمة من حيث نوع المادة المصنوعة منها إلى ثلاثة أقسام : المقاومات السلكية ، والمقاومات الكربونية والمقاومات الفيلمية .

أولاً : المقاومات السلكية :

تتكون المقاومة السلكية من سلك معدنى ذو طول ومساحة مقطع مناسبين ملفوف حول اسطوانه عازلة (غالباً من السيراميك) . وتصنع هذه المقاومات من مواد لها مقاومة نوعية عالية مثل المنجانين والكونستنتان .

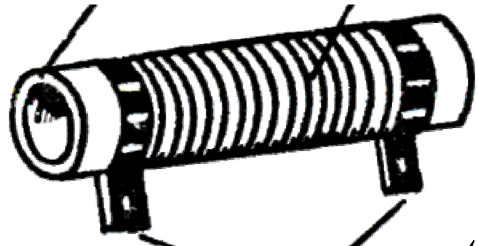
المقاومة النوعية للمانجانين = ٤٥ × $١٠^{-٨}$ أوم . متر .

المقاومة النوعية للكونستنتان = ٤٩ × $١٠^{-٨}$ أوم. متر.

يختلف شكل ونوع مادة المقاومة السلكية بإختلاف الغرض الذى تستخدم من أجله وكذلك تبعاً لقيمة القدرة المقننة لهذه المقاومة . وتتراوح قيم المقاومات السلكية من كسور الأوم إلى عدة آلاف أوم ، كما يتراوح التفاوت بين ± ١% إلى ± ٥% . وفي حالة المقاومات الصغيرة تكون الأسلاك عبارة عن قضبان معدنية سميكة ، وتكون قيم القدرة المقننة للمقاومات السلكية (في حالة التطبيقات الالكترونية) صغيرة (أى عدد قليل من الوات) أما في حالة التطبيقات الهندسية فتكون

كبيرة (في حدود عدة آلاف من الوات) وعادة يتم عزل المقاومة السلكية بطبقة من الاكسيد لمنع حدوث قصر بين لفات السلك .

ويوضح شكل (١- ٤) المقاومة السلكية

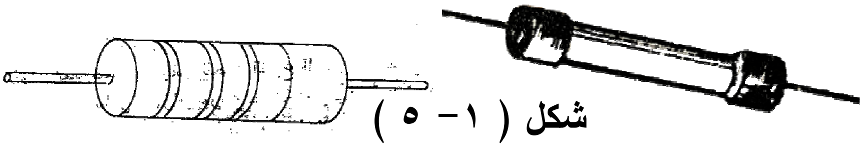


شكل (١- ٤)

ثانياً – المقاومة الكربونية:

عند الاحتياج إلى قيم كبيرة جداً من المقاومة الكهربية والتي تكون في حدود عدة ملايين أوم فإن تكلفة تصنيع المقاومات السلكية تكون باهظة للغاية . بإستعمال خليط من مسحوق الكربون (أو الجرافيت) والسيراميك (أو الطمي المحروق) يمكن الحصول على مقاومة كربونية لها مقاومة عالية جداً وتكاليف إقتصادية للغاية . وتعتمد قيمة المقاومة الكربونية على نسبة من الكربون إلى السيراميك في الخليط . ويتم تغطية المقاومة الكربونية بمادة عازلة لحمايتها ضد كل من المؤثرات الميكانيكية وإمتصاص الرطوبة من الهواء الجوى . وتشكل الخلطة على هيئة أقراص أو قضبان تجمد بالحرارة ، ويرش طرفي المقاومة بمعدن حتى يمكن تثبيت طرفى التوصيل .

ويوضح شكل (١–٥) نموذجين للمقاومة الكربونية



شكل (١- ٥)

وتكون قيمة المقاومة الكربونية كبيرة فهى تتراوح بين ١٠ أوم إلى ٢٠ مليون أوم (٢٠ ميجا أوم) وبدرجة تفاوت تتراوح بين ±٥ % إلى ± ٢٠% كما أن قدرتها صغيرة تتراوح بين ٠.٢٥ إلى ٥ وات . كما أنها أقل ثباتاً من المقاومات السلكية .

تتميز المقاومة الكربونية بالمزايا الآتية :

(أ) صغر الحجم　　　　(ب) رخص الثمن

(جـ) تعطى قيم كبيرة للمقاومة أكبر من المقاومة السلكية.

أما عيوب المقاومة الكربونية فيمكن تلخيصها فيما يلي :

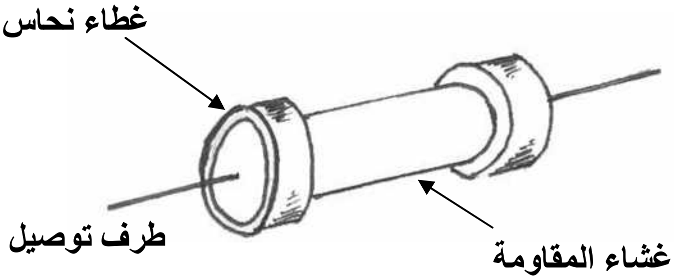
(أ) تسخن عند التيارات المرتفعة بشدة .   (ب) لها معامل حراري كبير.

(جـ) عدم دقة قيمتها حيث أن لها درجة تفاوت عالية تصل إلى ± ٢٠% وعموماً فإن هذا النوع من المقاومات يستخدم بكثرة في الحالات التي لا تستلزم تيارات كبيرة القيمة أو الحالات التي لا تستلزم درجات تفاوت صغيرة .

ثالثاً: المقاومات الفيلمية :

تسمي المقاومة الفيلمية في بعض الأحيان بالمقاومة الغشائية ،وهى تصنع من غشاء متجانس من الكربون والجرافيت ، ومن اكسيد القصدير المترسب حول دليل اسطواني من الخزف . ويمكن زيادة قيمة المقاومة عن طريق عمل حز أو شق لولبي في الغشاء حيث يتغير مسار المقاومة بين الطرفين . ويكون الغلاف الخارجي للمقاومة عبارة عن طبقة من اللاكيه مغطاه بطبقة من البلاستيك .

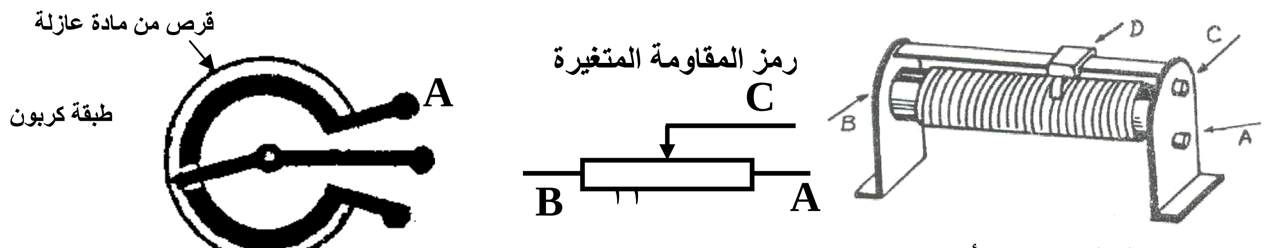
ويوضح شكل (١ – ٦) نموذجاً للمقاومة الفيلمية .



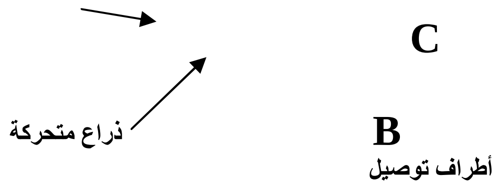
شكل(١–٦) المقاومة الفيلمية .

رابعاُ المقاومات متغيرة القيمة :

المقاومة المتعددة الوصلات تعطى أكثر من قيمة تصل إلى أربعة مقاومات . وهنا نجد أن المقاومة متغيرة القيمة تعطى مجالاً أوسع لإختيار قيمة المقاومة المطلوبة . وهى تتكون من مقاومة سلكية ملفوفة على اسطوانة وينزلق على السلك طرف متحرك يحدد قيمة المقاومة المطلوبة . وتتراوح قيم المقاومة لهذا النوع من المقاومات من صفر إلى ٢٠٠ كيلو أوم . والقدرة المقننة لها تتراوح من ١٠ و ١٠٠٠ وات .



شكل (١-٧- أ)

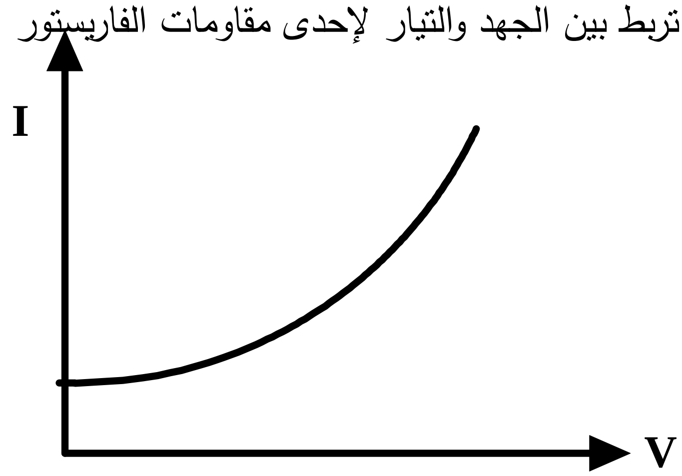


شكل (١-٧- ب) الريوستات

وشكل (١–٧ – أ) يوضح شكل عام للمقاومة المتغيرة السلكية وتسمى أحياناً الريوستات كما توجد مقاومة متغيرة كربونية تصنع كما بالشكل (١–٧– ب) من قرص مصنوع من مادة عازلة (فبر) تغطى بطبقة من الجرافيت على شكل حلقة يتحرك عليها طرف منزلق يتحرك بواسطة محور متحرك لتغيير قيمة المقاومة .

خامساُ: المقاومات المتغيرة مع الجهد :

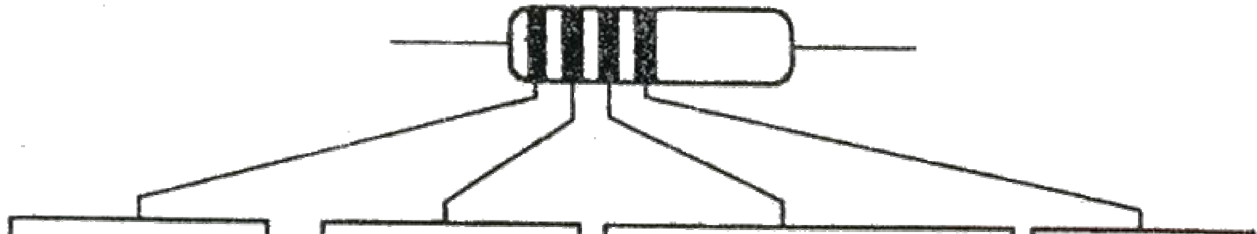
المقاومة المتغيرة مع الجهد أحيانا تسمى الفاريستور (Varistor) هى مقاومة مصنوعة من مادة شبه موصلة وتقل قيمتها بإزدياد الجهد المؤثر على طرفيها . وتصنع مقاومات الفاريستور من كربيد السليكون وتستخدم في أجهزة الوقاية من الجهود المفاجئة حيث توصل بالتوازى مع الجهاز المراد حمايته ، وعند زيادة الجهد فجأة تقل قيمة مقاومة الفاريستور وتسمح بمرور تيار كبير ، وبذلك تمتص هذه المقاومة جزءاً لا بأس به من الطاقة المباغته فتتكسر حدتها .ويوضح شكل (١–٨) العلاقة التى تربط بين الجهد والتيار لإحدى مقاومات الفاريستور .



شكل (١–٨) علاقة الجهد والتيار لمقاومة الفاريستور

كود (شفرة) الوان المقاومات :

يتم بيان قيمة المقاومات الثابتة سواء كانت مقاومة كربونية أو مصنوعة من أكسيد معدنى عن طريق وضع حلقات ملونة على جسم المقاومة الخارجى تدل على قيمتها وكذلك على درجة التفاوت (Tolerance) الخاص بها . وفى هذا الصدد تستخدم طريقتان لدلالة حلقات الألوان على قيمة المقاومة وعلى درجة التفاوت . فى الطريقة الأولى تستخدم أربع حلقات ملونة وفى الطريقة الثانية تستخدم خمس حلقات ملونة . ويوضح شكل (١-٩) الألوان المستخدمة للدلالة على قيمة المقاومة والرقم المناظر لكل لون كما يوضح أيضاً مقدار التفاوت واللون المناظر لكل مقدار .



1st colour band	
Black	0
Brown	1
Red	2
Orange	3
Yellow	4
Green	5
Blue	6
Violet	7
Grey	8
White	9

2nd colour band	
Black	0
Brown	1
Red	2
Orange	3
Yellow	4
Green	5
Blue	6
Violet	7
Grey	8
White	9

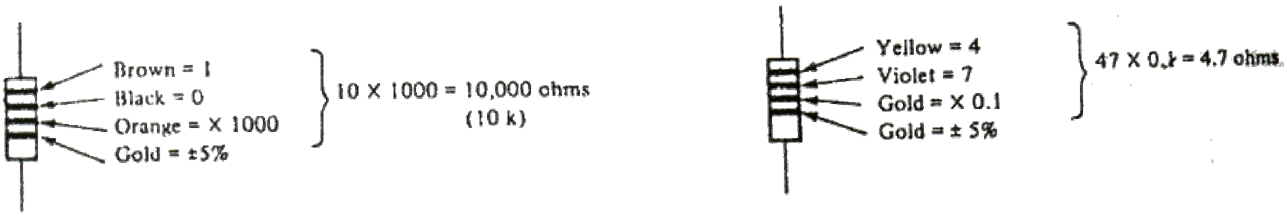
3rd colour band	
Silver	Multiply by 0.01
Gold	Multiply by 0.1
Black	Multiply by 1
Brown	Multiply by 10
Red	Multiply by 100
Orange	Multiply by 1,000
Yellow	Multiply by 10,000
Green	Multiply by 100,000
Blue	Multiply by 1,000,000

4th colour band (tolerance)
Red ± 2%
Gold ± 5%
Silver ± 10%
No colour band ± 20%

شكل (١-٩)

وتكون حلقة اللون الأول على المقاومة أقرب لأحد نهايتها عن مدى قرب حلقة اللون الأخيرة من النهاية كما هو مبين فى الشكل .

وتدل الثلاث حلقات الأولى على قيمة المقاومة بينما تدل الحلقة الرابعة على درجة التفاوت . ولبيان كيفية استعمال الأرقام المناظرة للألوان فى شكل (١-٩) للدلالة على قيمة مقاومة سوف نحدد قيمة كل من المقاومتين المبين ألوانهما فى شكل (١-١٠) .



شكل (١-١٠)

بالنسبة للمقاومة الأولى فإن الوانها بالترتيب هى :

الحلقة الأولى : بنى تناظر الرقم ١ فى شكل (١-٩)

الحلقة الثانية : أسود تناظر الرقم صفر

الحلقة الثالثة : برتقالى تناظر الرقم ٣

الحلقة الرابعة (وهى تدل على درجة التفاوت) : ذهبى وتناظر ± ٥ ٪

والرقم المناظر للحلقة الأولى يدل على رقم العشرات فى قيمة المقاومة والمناظر للحلقة الثانية يدل على رقم الآحاد والمناظر للحلقة الثالثة يدل على عدد الأصفار التى توضع على يمين الرقمين السابقين . أى يدل على قيمة الأس للأساس عشرة ليضرب فى الرقمين السابقين وبالتالى تكون قيمة المقاومة الأولى هى :

$$10000 \pm 5\% = 10 \text{ K}\,\Omega \pm 5\,\%$$

أو باستخدام الأس

$$10 \times 10^{3} \pm 5\,\% = 10 \text{ K}\,\Omega \pm 5\,\%$$

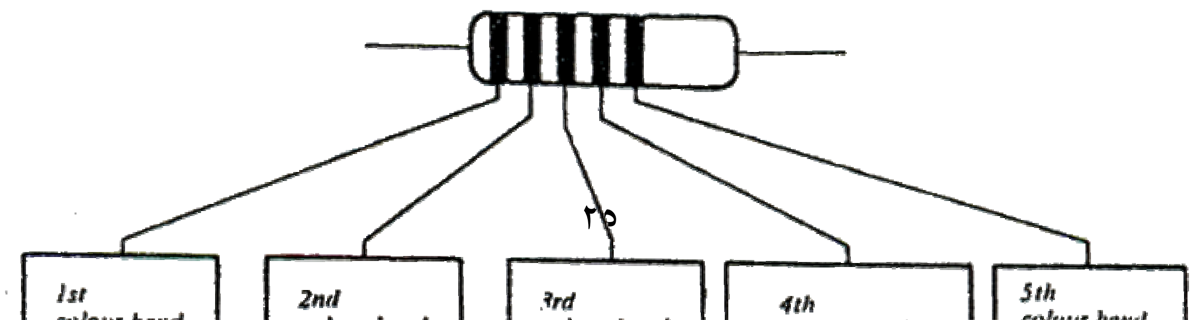
وبالنسبة للمقاومة الثانية فالوانها هى :

أصفر – بنفسجى – ذهبى – ذهبى

وبالتالى تكون قيمة المقاومة هى :

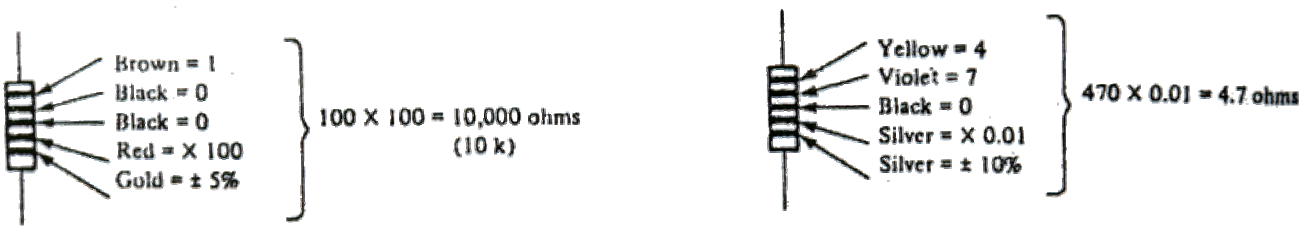
$$47 \times 10^{-1} \pm 5\,\% = 4.7\,\Omega \pm 5\,\%$$

وإذا استخدمت الطريقة الثانية التى فيها خمسة ألوان فإن شكل (١-١١) يبين الأرقام المناظرة للألوان فى هذه الطريقة .



شكل (١-١١)

وفى هذه الحالة فإن الرقم المناظر للون الأول يدل على رقم المئات فى قيمة المقاومة . والرقم المناظر للون الثانى يدل على رقم العشرات . والرقم المناظر للون الثالث يدل على رقم الآحاد . والرقم المناظر للون الرابع يدل على عدد الأصفار التى توضع على يمين الثلاث أرقام السابقة . أى يدل على قيمة الأس للأساس عشرة ليضرب فى الثلاث أرقام السابقة . ولتوضيح ذلك يبين شكل (١-١٢) مقاومتين لكل منهما خمسة ألوان .



شكل (١-١٢)

بالنسبة للمقاومة الأولى فإن الوانها هى :

البنى – الأسود – الأسود – الأحمر – ذهبى

وبالتالى تكون قيمة المقاومة هى :

$$100 \times 10^2 \pm 5\ \% = 10000\ \Omega \pm 5\ \%$$

$= 10\ K\ \Omega \pm 5\ \%$

وبالنسبة للمقاومة الثانية فإن ألوانها هى :أصفر – بنفسجى – أسود – فضى – فضى

وبالتالى تكون قيمة المقاومة هى :

$$470 \times 10^{-2} \pm 10\ \% = 4.7 \pm 10\ \%$$

$$= 4.7\ \Omega \pm 10\ \%$$

بالنسبة للأنواع الأخرى من المقاومات (أى غير الكربونية أو غير المصنوعة من أكسيد معدنى) فإنه يستخدم نظام تشفير يوضع فيه حرف مكان العلامة العشرية فى قيمة المقاومة ويدل الحرف على مقدار المضاعف العشرى (أى الأس للأساس عشرة) على النحو التالى:

الحرف	**R**	**K**	**M**
المضاعف العشرى	1	100 10^3	1000000 10^6

ويوضع بعد ذلك حرف آخر ليدل على درجة التفاوت وذلك على الأساس الآتى :

الحرف	**درجة التفاوت**
F	± 1 %
G	± 2 %
J	± 5 %
K	± 10 %
M	± 20 %

مثال (١) : حدد قيمة مقاومة كربونية عليها أربعة ألوان بالترتيب الآتى :

بنى – أسود – برتقالى – ذهبى   وحدد قيمة التفاوت

الحـل

اللون البنى يناظره رقم ١

اللون الأسود يناظره رقم صفر

اللون البرتقالى يناظره رقم ٣

اللون الذهبى وهو اللون الرابع ولذلك يمثل درجة التفاوت وقدرها ± ٥ ٪

وبالتالى تكون المقاومة هى :

$$10 \times 10^3 \pm 5\ \% = 10\ K\ \Omega \pm 5\ \%$$

مثال (٢) : حدد قيمة مقاومة عليها خمسة حلقات ملونة بالترتيب الآتى :

أخضر – أزرق – برتقالى – أحمر – ذهبى

الحـل

اللون الأخضر يناظره رقم ٥

اللون الأزرق يناظره رقم ٦

اللون البرتقالى يناظره رقم ٣

اللون الأحمر يناظره رقم ٢

اللون الخامس هو الذهبى ويمثل درجة التفاوت وقدرها ± ٥ ٪

وبالتالى تكون المقاومة هى :

$$56300\ \pm 5\ \% = 56.3\ K\ \Omega \pm 5\ \%$$

مثال (٣) : حدد ألوان الحلقات المناظره لمقاومة قيمتها ٢٢٠ أوم إذا كان عدد الحلقات أربعة وكانت درجة التفاوت ± ١٠ ٪

الحــل

الرقم الأول من اليسار هو (٢) ويناظره اللون الأحمر

الرقم الثانى من اليسار هو (٢) ويناظره اللون الأحمر

الرقم الثالث من اليسار هو (صفر) ويناظره عدد الأصفار أى أن عدد الأصفار واحد

وبالتالى يكون اللون المناظر للرقم (١) هو اللون البنى

درجة التفاوت ± ١٠ ٪ تناظر اللون الفضى

وبالتالى يكون لون حلقات المقاومة هو : أحمر – أحمر – بنى – فضى

مثال (٤) : حدد المقاومات المناظرة للرموز الآتية :

1MOF , 330RG , 68RJ , 4R7K , R22M

الحــل

كما سبق ذكره فإن أول حرف من اليمين فى كل رمز يناظر درجة التفاوت . وأول حرف نقابله من اليسار يكون هو مكان العلامة العشرية ويدل على المضاعف العشرى وبالتالى :

R22M	0.22 Ω ± 20 %
4R7K	4.7 Ω ± 10 %
68RJ	68 Ω ± 5 %
330RG	30 Ω ± 2 %
1M0F	1.0 M Ω ± 10 %
5M6M	5.5 M Ω ± 20 %

التوصيلية ووحداتها :

يـدل مقلـوب المقاومـة النوعيـة للمـادة علـى قابليـة التوصـيل الكهربـى لهـذه المـادة (Conductivity) أى أن $\sigma = \frac{1}{\rho}$

حيث (σ) هى التوصيلية الكهربية ، (ρ) هى المقاومة النوعية .

ومن المعلوم أن المقاومة الكهربية هى القوة المعاكسة لسريان الالكترونات ووحداتها هى الأوم ويعرف مقلوب المقاومة الكهربية بالموصلية الكهربية ووحداتها هى الموه mho أو السيمنز.

ويمكن تعريف الموصلية الكهربية للمادة بأنها تمثل مقدرة هذه المادة على السماح بسريان الالكترونيات

∴إذن المقاومة الكهربية = ١ / الموصلية الكهربية

$$R=\frac{1}{G} \qquad or \qquad G=\frac{1}{R}$$

من المعلوم كذلك أن المقاومة النوعية هى مقاومة موصل مصنوع من مادة ما طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع ووحداتها الأوم متر . ويعرف مقلوب المقاومة النوعية للمادة بقابلية التوصيل النوعي لهذه المادة ووحداتها هى الموه لكل متر (موه/متر) أو سيمنز / متر .

١–٤ طرق توصيل المقاومات :

هناك ثلاث طرق مختلفة لتوصيل المقاومات : التوصيل على التوالي – التوصيل على التوازى – التوصيل على التضاعف (وهو خليط بين التوصيل على التوالي والتوازي).

١–٤–١ توصيل المقاومات على التوالي :

إذا تم توصيل ثلاث مقاومات R_1 , R_2 , R_3 بالطريقة الموضحة بشكل (١–١٣) فإنه يقال أن هذه المقاومات متصلة على التوالي . وبذلك يمر التيار I الخارج من البطارية في

المقاومات الثلاثة . أى أن شدة التيار المار في المقاومات المتصلة على التوالي تكون واحدة لكن فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة تختلف قيمته بإختلاف قيمة كل مقاومة طبقا لقانون أوم . و تكون القوة الدافعة الكهربية للبطارية V مساوية للمجموع الجبري للجهود المتصلة على التوالى .

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_1 = IR_1$$

$$V_2 = IR_2$$

$$V_3 = IR_3$$

شكل (١- ١٣)

وإذا فرضنا أن محصلة المقاومات المتصلة على التوالي R_t فنجد أن:

$$V = I \,.\, R_t$$

$$\Theta \quad V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\therefore \; IR_t = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

بالقسمة على I فان

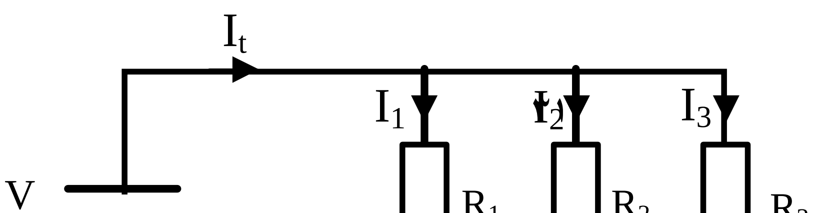
$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

إذن محصلة المقاومات المتصلة على التوالي تساوى مجموع هذه المقاومات واذا تساوت المقاومات في القيمة وكانت قيمتها R وعددها n فإن المقاومة المكافئة $R_t = n \,.\, R$ وتكون المقاومة الكلية لمجموعة مقاومات متصلة على التوالي أكبر من قيمة أى مقاومة فيها .

١-٤- ٢ توصيل المقاومات على التوازى :

إذا وصلت ثلاثة مقاومات كما في شكل (١-١٤) فإن :

فرق الجهد على المقاومات الثلاثة = فرق جهد المنبع = V



شكل (١- ١٤)

لكن تيار المنبع I يتفرع في المقاومات الثلاثة ومجموع التيارات يساوى التيار الكلي

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

ومن قانون أوم

$$\frac{V}{R_t} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

بقسمة كل المعادلة على V

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

أى أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة على التوازى تكون أصغر من أية مقاومة في الدائرة .

وحيث أن الموصلية هى عكس المقاومة .

$$G = \frac{1}{R}$$

$$\therefore G_t = G_1 + G_2 + G_3$$

وإذا وصل عدد n من المقاومات المتساوية على التوازي وكانت قيمة كل منها R فإن المقاومة المكافئة R_t

$$R_t = \frac{R}{n}$$

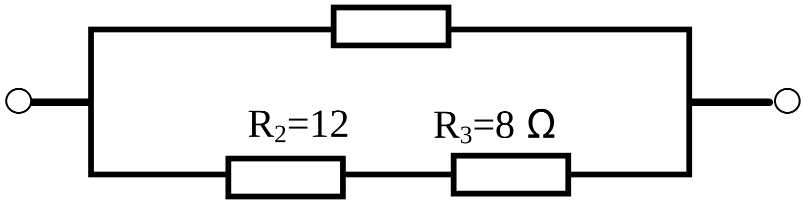
وإذا وصلت مقاومتان على التوازى فإن المقاومة المكافئة لها تساوى

$$R_t = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

١-٤-٣ التوصيل المركب (التوصيل على التضاعف) :

في هذه الحالة يكون لدينا مجموعة أو أكثر متصلة على التوازى ومجموعة أو أكثر متصلة على التوالي وترتبط فيها المجاميع إرتباطاً متوالياً ومتوازياً . ومن هنا يجب إيجاد المقاومة الكلية لكل مجموعة على حدة ثم إيجاد المقاومة الكلية المكافئة النهائية .

مثال (١) في الدائرة الموضحة في شكل (١-١٢) احسب المقاومة المكافئة للمجموعة .



شكل (١-١٥)

R_2 R_3

الحل : المقاومتان R_3 , R_2 متصلتان على التوالي

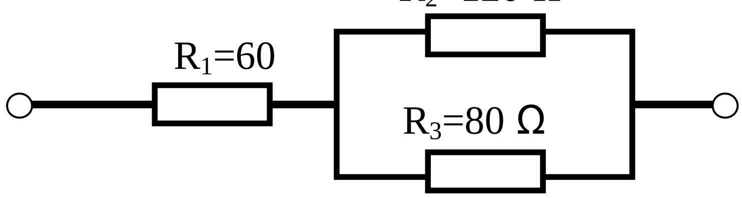
$$\therefore R_{2,3} = R_2 + R_3 = 12 + 8 = 20\,\Omega$$

ثم المقاومة R_1 ومحصلة $\mathbf{R_2}$ و $\mathbf{R_3}$ متصلتان على التوازي.

$$R_t = \frac{R_{2,3} \times R_1}{R_{2,3} + R_1} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12\,\Omega$$

مثال (٢): احسب المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات المتصلة بشكل (١- ١٦)

الحل



شكل (١-١٦)

المقاومتان R_3 , R_2 متصلتان على التوازى:

$$R_{2,3} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_{2,3} = \frac{120 \times 80}{120 + 80} = 48\,\Omega$$

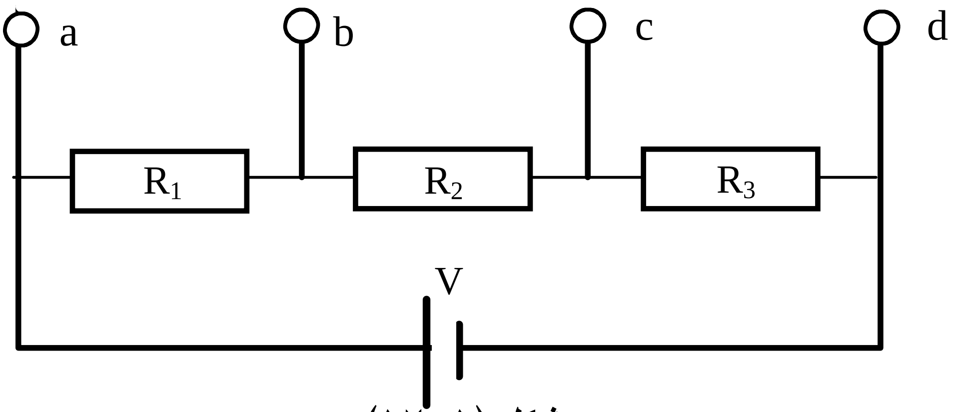
ثم بعد ذلك محصلة المقاومتان R_2 , R_3 متصلة على التوالي مع المقاومة R_1

المقاومة الكلية المكافئة $R_t = R_1 + R_{2,3}$

$$R_t = 60 + 48 = 108\Omega$$

مقسمات الجهد:

مقسمات الجهد هى مقاومات متصلة على التوالي كما هو موضح في شكل (١-١٧)



شكل (١-١٧)

وبالتالي فإن جهد المصدر V يتم تقسيمه على تلك المقاومات حسب مقدار كل مقاومة ومجموع الجهد على تلك المقاومات يساوى جهد المصدر . أى أن الجهد على المقاومة R_1 يكون:

$$V_{ab} = \frac{V.R_1}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$

والجهد على المقاومة R_2

$$V_{bc} = \frac{V.R_2}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$

والجهد على المقاومة R_3

$$V_{cd} = \frac{V.R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$

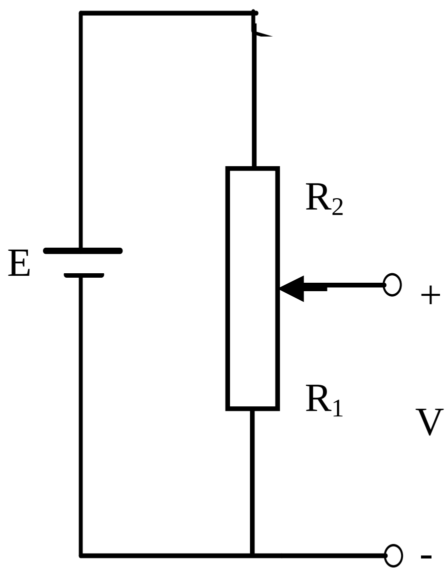
وبالتالي فإن

$$\frac{V_{ab}}{V_{bc}} = \frac{R_1}{R_2} \qquad \frac{V_{bc}}{V_{cd}} = \frac{R_2}{R_3} \qquad \frac{V_{cd}}{V_{ab}} = \frac{R_3}{R_1}$$

وإذا كانت المقاومة متغيرة كما هو موضح بشكل (١-١٨)

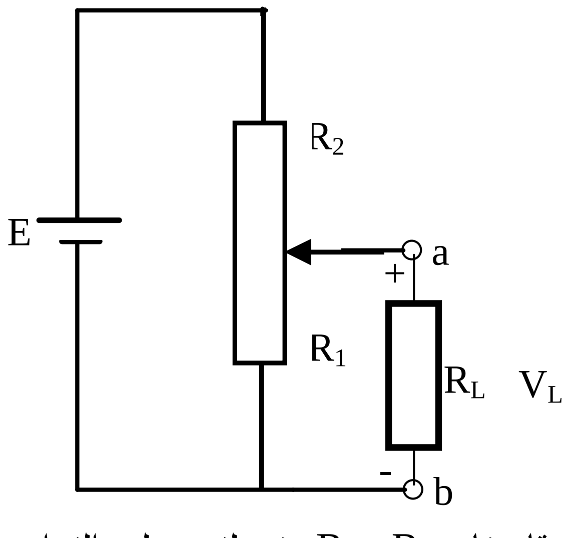
حيث تتغير قيم المقاومتين R_1 , R_2 حسب مكان المنزلق عليها ، فإن جهد الخرج V يتحدد بنفس الأسلوب السابق

$$V = \frac{E.R_1}{(R_1 + R_2)}$$



شكل (١- ١٨)

وفي حالة توصيل مقاومة R_L على أطراف الخرج أى الاطراف a , b تصبح الدائرة كما في شكل (١-١٩) وتمثل R_L حمل كهربي يتغذى من الجهد



شكل (١-١٩)

بين الاطراف a , b في هذه الحالـة تكون المقاومتان R_1 , R_L متصلتين على التـوازى أى أن القيمة المكافئة لهما هي :

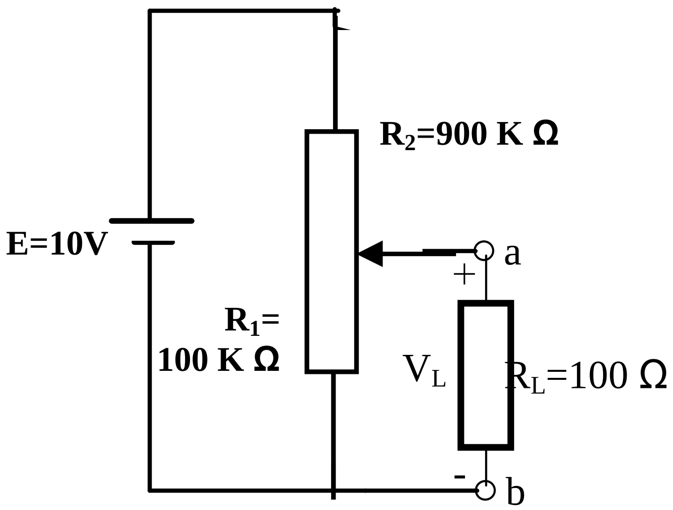
$$R_{1L} = \frac{R_1 . R_L}{R_1 + R_L}$$

وتكون المقاومة الكلية على المصدر E هي

$$R_t = R_{1L} + R_2$$

ويكون الجهد على مقاومة الحمل R_L والذى هو في نفس الوقت الجهد على المقاومة R_1 هو:

$$V_L = \frac{E\ R_{1L}}{R_t}$$



الشكل (١-٢٠)

مثال : في الدائرة الموضحة بالشكل (١-٢٠)

جهد المصدر = E = 10 V

المقاومة : $R_1 = 100\ K\,\Omega$

المقاومة : $R_2 = 900\ K\,\Omega$

مقاومة الحمل : $R_L = 100\,\Omega$

احسب قيمة جهد الحمل V_L

الحل :

$$R_{1L} = \frac{R_1\ R_L}{R_1 + R_L} = \frac{100\times10^3\,(100)}{100\times10^3 + 100} = 99.9\,\Omega$$

$$R_t = R_{1L} + R_2 = 99.9 + 900\times10^3 \cong 900\times10^3\ \Omega$$

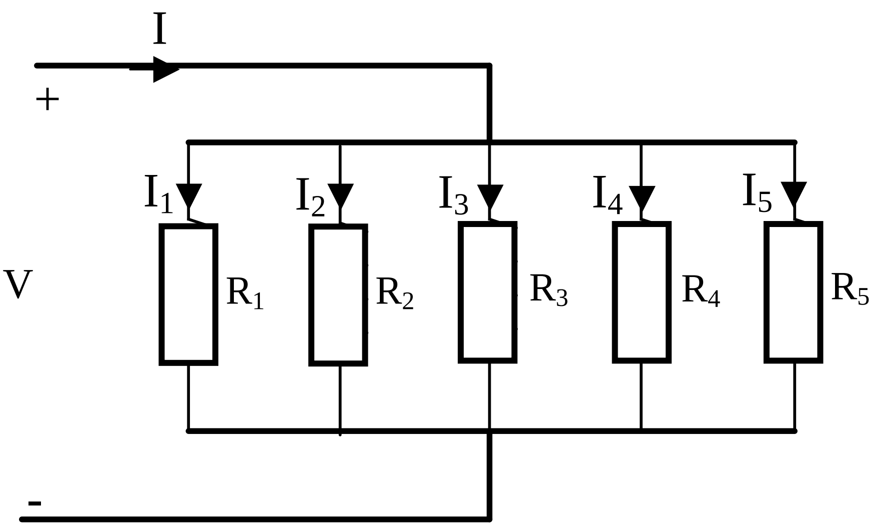
$$V_{1L} = \frac{R_{1L}\,.\,E}{R_t}$$

$$= \frac{99.9\,(10)}{900\times10^3 + 99.9} = 1\times10^{-3}\,V = 1mV$$

وهى قيمة صغيرة جداً إذا قورنت بقيمة جهد المصدر E = 10 V

مقسمات التيار :

إذا تم توصيل مجموعة من المقاومات على التوازي كما في في شكل(١-٢١) فإن التيار الكلي الداخل للمجموعة يتم تجزئته وتوزيعه على المقاومات بحيث أن المقاومة الأصغر يمر فيها تيار أكبر.



شكل (١-٢١)

وحيث أن المقاومات متصلة على التوازي فإن فرق الجهد بين أطرافها يكون متساوياً

وإذا كانت المقاومة الكلية لمجموعة المقاومات هى R_t وفرق الجهد بين أطراف المقاومات هو V فإن التيار الكلي الداخل للمجموعة يكون

$$I = \frac{V}{R_t}$$

$$V = I.R_t ---------(I)$$

ويمكن التعبير عن V بدلالة قيم المقاومات والتيارات المارة فيها على النحو التالي:

$$V = 1_1 .R_1 = I_2 \ R_2 = I_3 \ R_3 = I_4 \ .R_4 = I_5 \ R_5 ------(II)$$

ومن المعادلتين I، II نحصل على:

$$I_1 = \frac{R_t}{R_1} I \qquad I_2 = \frac{R_t}{R_2} I \qquad I_3 = \frac{R_t}{R_3} I \qquad I_4 = \frac{R_t}{R_4} I \qquad I_5 = \frac{R_t}{R_5} I$$

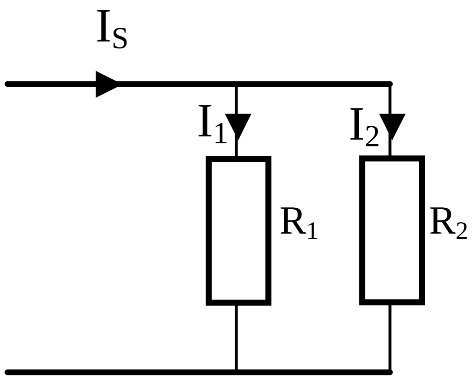
أى أن التيار في أى مقاومة من مجموعة من المقاومات المتصلة على التوازي يساوى حاصل ضرب المقاومة الكلية في التيار الكلي مقسوماً على قيمة المقاومة المراد تحديد التيار فيها ويلاحظ أيضاً أنه كلما قلت المقاومة يزيد التيار الذى يمر بها والعكس صحيح .

<u>مثال :</u> احسب التيار I_2 في الدائرة بالشكل (١-٢٢)

حيث:

$$I_S = 6A \qquad R_2 = 8K\Omega \qquad R_1 = 4K\Omega$$

الحل :



شكل (١-٢٢)

$$R_t = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_t = \frac{4 \times 8}{4 + 8} = 2.67 K\Omega$$

$$I_2 = \frac{R_t}{R_2} \times I_S$$

$$= \frac{2.67 \times 6}{8} = 2A$$

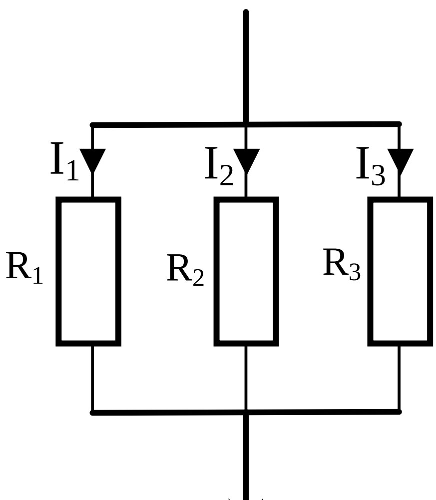
<u>مثال</u>: في الدائرة الموضحة بشكل (١-٢٣)

أحسب التيارات I_1, I_2, I_3,

حيث أن :

$$R_3 = 6\Omega \qquad R_2 = 3\Omega \qquad R_1 = 1\Omega$$

الحل:



الموصلية الكلية للمقاومات

شكل (١-٢٣)

$$G_t = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$= 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = 1.5 \qquad mho$$

وبالتالي تكون المقاومة الكلية R_t:

$$R_t = \frac{1}{G_t}$$

$$R_t = \frac{1}{1.5} = \frac{2}{3}\,\Omega$$

$$I_1 = \frac{R_t}{R_1}.I = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)\times(9)}{1} = 6\,A$$

$$I_2 = \frac{R_t}{R_2} I = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)\times(9)}{3} = 2A$$

$$I_3 = \frac{R_t}{R_3} I \qquad = \frac{\left(\frac{2}{3}\right)\times(9)}{6} = 1A$$

تحقيق:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$
$$= 6 + 2 + 1 = 9\,A$$

مقننات القدرة للمقاومات :

القدرة عموماً هى دلالة على مدى كمية الشغل الذى يتم بذله في فترة زمنية معينة . أى أن القدرة هى معدل بذل الشغل .

ويرمز للقدرة بالرمز P ، وهناك عدة صورة لقيمة القدرة

(1) $P = I . V .$

$\because I = \frac{V}{R}$ ومن قانون أوم

(2) $P = \frac{V}{R} . V = \frac{V^2}{R}$

$\therefore P = \frac{V^2}{R}$

(3) $P = I . IR = I^2 R$

ويدل ذلك على أن القدرة التي تفقد فى المقاومة يمكن الحصول عليها من قيمة التيار وقيمة المقاومة .

أما إذا كان فرق الجهد على أطراف المقاومة معلوماً وكذلك التيار الذي يسرى خلالها ويمكن من المعادلة P = I V لتحديد القدرة التي تستهلكها المقاومة والقدرة التي تنتقل إلى المقاومة تتحول إلى حرارة ويتم فقدها . وفى حالة استخدام بطارية في دوائر التيار المستمر وكان جهدها (ق . د . ك) هو E والتيار الخارج منها I فإن القدرة التي تزود البطارية بها الدائرة تكون P = E I .

__مثال__ : احسب القدرة التي تستهلكها مقاومة مقدارها ٥ أوم إذا كان التيار المار فيها ٤ أمبير.

الحل :

$$P = I^2 . R$$

$$= (4)^2 (5) = 80 W$$

والوحدة الأساسية لقياس القدرة هى الوات وفي بعض التطبيقات في الهندسة الكهربية تكون هذه الوحدة صغيرة جداً وبالتالي تستخدم وحدات عبارة عن مضاعفات الوات مثل الكيلووات K . W وهو الف وات أو الميجاوات M W وهو مليون وات . وفي التطبيقات الالكترونية تنشأ الحاجة الى وحدات أصغر من الوات وفي هذه الحالة تستخدم وحدة المللي وات m.W. وتقاس القدرة بإستخدام جهاز الواتميتر .

١-٥ تأثير الحرارة على المقاومة :

تؤثر درجة الحرارة على قيمة المقاومة . فالمعادن النقية كالنحاس والألمونيوم تزيد مقاومتها بإرتفاع درجة الحرارة وذلك لأن درجة الحرارة تسبب زيادة طاقة الالكترونات الحرة فتزيد سرعتها ولذلك يزداد تصادمها مع أيونات المعدن فتزداد مقاومتها لمرور هذه الالكترونيات .

أما الكربون والمحاليل وأشباه الموصلات فتقل مقاومتها بإرتفاع درجة الحرارة وهناك بعض السبائك مثل المنجانين (٨٥% نحاس + ١٢% منجنيز + ٣% نيكل) والكونستنتان

(٥٨ % نحاس أحمر ، ٤١% نيكل ، ١% منجنيز) فتتغير مقاومتها تغييراً صغيراً نسبياً ويمكن إهمال هذا التغير عند حد معين لدرجة الحرارة ولذلك تستخدم مثل هذه السبائك فى صنع المقاومات القياسية .

يمكن التعبير عن تغير المقاومة بتغير درجة الحرارة بمعامل يطلق عليه إسم المعامل الحراري للمقاومة ويرمز له بالرمز α

أ- تعريف المعامل الحراري للمقاومة :

هو مقدار التغير في قيمة مقاومة موصل مقدارها ١ أوم عندما تتغير درجة حرارته واحد درجة مئوية .

فإذا كان الموصل له مقاومة ابتدائية R_1 وأرتفعت درجة حرارته من$T_1{}^\circ$ إلى $T_2{}^\circ$

فإن التغير في المقاومة يمكن تعيينه من العلاقة :

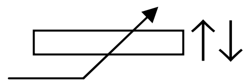
$$R_2 = R_1 \left[1 + \alpha (t_2 - t_1) \right]$$

حيث: R_2 قيمة المقاومة عند درجة حرارة قدرة $T_2{}^\circ$ م

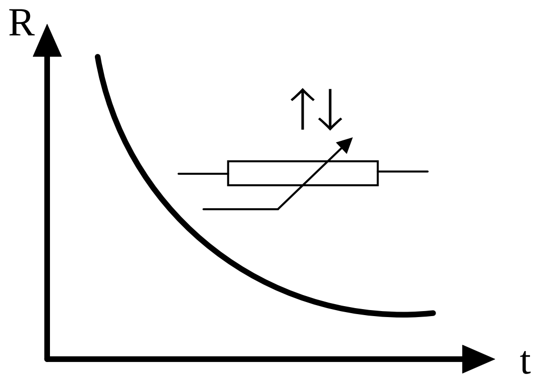
R_1 قيمة المقاومة عند درجة حرارة قدرها T_1 °م

(α) المعامل الحراري لمادة المقاومة .

ب- المقاومة ذات المعامل الحراري السالب (N T C)

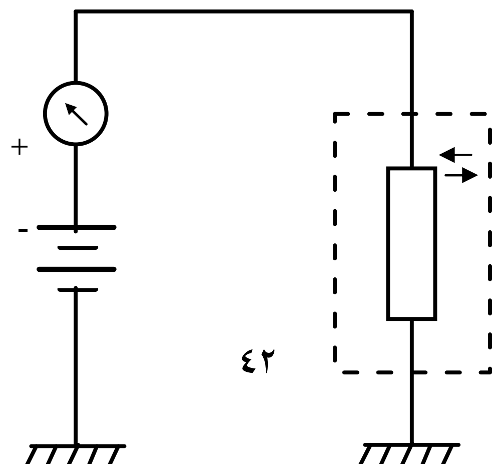
هى المقاومة التى تقل قيمتها بزيادة درجة الحرارة مثل الكربون وأشباه الموصلات وتسمى هذه المواد بالموصلات الساخنة أى المواد التي تزيد موصليتها بإرتفاع درجة حرارتها ويرمز لها بالرمز 

والشكل (١-٢٤) يبين منحنى تغير مقاومة هذه المواد مع درجة الحرارة ، وتتخذ درجات الحرارة التي يتم تشغيل المعدات التى بها مقاومة حرارية ذات معامل مقاومة حرارى سالب المدى يبدأ من ٥٠ ° وحتى ٤٠٠ °م تقريباً وتستخدم هذه الأنواع من المقاومات في أجهزة القياس الكهربية ومحولات الطاقة الصغيرة المستخدمة لقياس الحرارة ، وعلى سبيل المثال تستخدم كعنصر حساس للحرارة لقياس درجة حرارة ماء التبريد بالنسبة لمحركات السيارات (ماء الرادياتير) عن طريق ما يسمى بأمبير الحرارة .



شكل (١-٢٤)

وشكل (١-٢٥) يوضح دائرة لقياس درجة حرارة مياة تبريد محرك السيارة باستعمال مقاومة (N T C) يدرج جهاز الأمبير بحيث يكون مؤشر الجهاز قريبا من الصفر في حالة المياه الباردة .

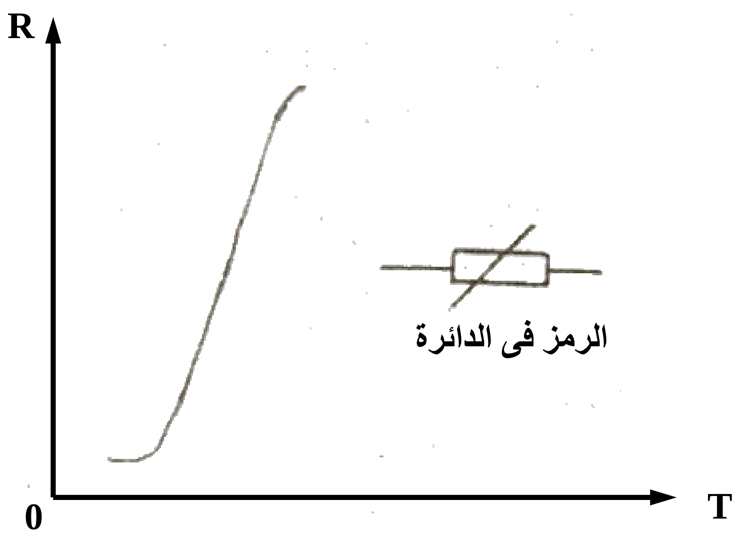


شكل (١-٢٥)

عندما تسخن المياه تسخن أيضا مقاومة (N T C) فتقل قيمة المقاومة الحرارية ويسرى التيار في جهاز القياس وكلما زادت الحرارة كلما قلت المقاومة وإزدادت قراءة جهاز القياس . أى أننا في هذه الحالة قمنا بتحويل الاشارات الحرارية إلى إشارات كهربية يمكن التعرف عليها من خلال جهاز القياس سواء كان تناظرياً أو عددياً .

جـ - المقاومة الحرارية ذات معامل المقاومة الحراري الموجب (P T C) :

توجد أنواع من أشباه الموصلات عندما ترتفع درجة حرارتها من ٥٠° م إلى ١٥٠° م فإنها تزداد مقاومتها فجأه . وقد تم الإستفادة من هذه الخاصية فى صنع المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحرارى الموجب (P T C) والشكل (١-٢٦) يبين سلوك مثل هذه المقاومات عندما ترتفع درجة حرارتها . ونظراً لهذا التغير السريع في قيمة المقاومة عبر هذا المدى القصير إلى حد ما من درجات الحرارة فقد يطلق على مثل هذا النوع من المقاومات اسم (المقاومة الحرارية اللحظية ذات معامل المقاومة الحراري الموجب)



شكل (١-٢٦)

وتستعمل المقاومات الحرارية ذات معامل المقاومة الحراري الموجب (P T C) فى الدوائر الالكترونية عندما يراد حجب المغناطيسية بالنسبة لشاشة التلفزيون الملون – فللمحافظة على تسجيل اللون الصحيح يجب أن تتكرر عمليات محو المغناطيسية من على صمام الشاشة، وأنسب وقت للقيام بهذه العملية هو عند بدء تشغيل جهاز الاستقبال.

وتوصل المقاومة الحرارية (P T C) على التوالي مع ملفات محو المغناطيسية من صمام الشاشة، ونظراً لبرودة المقاومة (P T C) عند بدء تشغيل جهاز الاستقبال فإن مقاومتها تكون منخفضة لينساب تيار متغير ذو قيمة كبيرة في دوائر الملفات والمقاومة

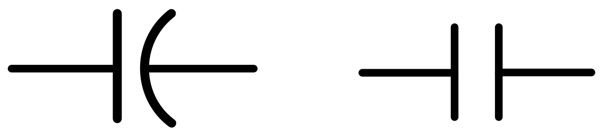
(P T C) وبسب الحرارة المتولدة عن هذا التيار تصل المقاومة الحرارية (P T C) إلى درجة الحرارة الفاصلة فتصل قيمة المقاومة لقيمتها العظمى في هذه اللحظة ويؤدي هذا بالتالي إلى سرعة انخفاض قيمة التيار المار في ملفات محو المغناطيسية وهو التأثير المرغوب بالنسبة لصمام شاشة التلفزيون.

١- ٦ المكثفات الكهربية Electric Capacitors

مقدمة:

المكثف عنصر هام من عناصر الدوائر الإلكترونية والكهربية إذ انه الوحدة القادرة على تخزين الشحنات الكهربية وتفريغها .

ويرمز له في الدوائر الالكترونية كما في شكل (١-٢٧) ولكل مكثف سعة، وتعرف السعة بأنها الخاصية



شكل(١-٢٧) رمز المكثف الكهربي

التي تمكن الاجسام الموصلة من تخزين الشحنات الكهربية وتقاس بالفاراد .

وبالتالي فإن سعة المكثف تقاس بالشحنة الكهربية اللازمة لرفع الجهد بين طرفيه فولت واحد . وكلما زادت الشحنة المخزنة بالمكثف كلما زاد فرق الجهد بين طرفيه . وبذلك يمكن كتابة العلاقة .

$$\text{سعة المكثف} = \frac{\text{الشحنة الكهربية (بالكولوم)}}{\text{فرق الجهد (بالفولت)}} \ \ldots\ldots\ldots\ldots\text{فاراد}$$

$$C = \frac{Q}{V} \qquad \text{Farad}$$

حيث: C سعة المكثف بالفاراد

Q هى الشحنة الكهربية بالكولوم

V هو فرق الجهد بين طرفي المكثف بالفولت

والفاراد وحدة كبيرة جداً للسعة لذا تستعمل وحدات أصغر هي :

الميكرو فاراد µF = ١٠ ^-٦^ فاراد

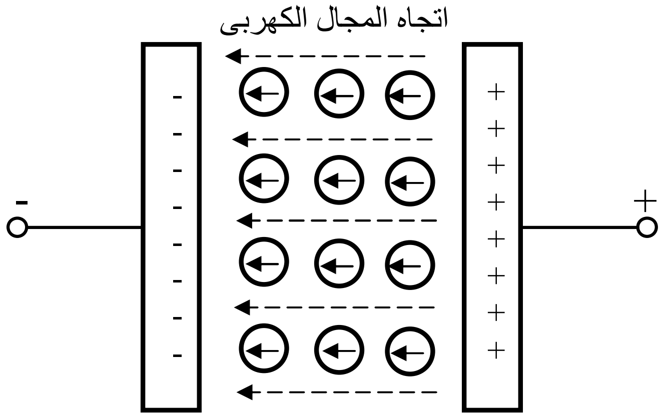
النانو فاراد nF = ١٠ ^-٩^ فاراد

البيكو فاراد pF = ١٠ ^-١٢^ فاراد

وتستخدم المكثفات ذات السعات الصغيرة في الهندسة الالكترونية . بينما تستخدم المكثفات بقيم كبيرة في أغراض هندسة القوى الكهربية والشبكات .

*** تركيب المكثف ونظرية عمله :**

يتركب المكثف كما في شكل (١–٢٨) من لوحين معدنيين من مواد موصلة بينهما وسط عازل . فإذا وصل لوحا المكثف بمنبع تيار مستمر فإنه ينشأ بينهما مجال كهربي يعمل على استقطاب ذرات المادة



شكل (١- ٢٨)

العازلة حيث تتجمع الالكترونات في المدارات الخارجية للذرات في اتجاه القطب الموجب فتتنافر مع الالكترونات الحرة باللوح المعدنى فتنطلق هذه الالكترونيات ناحية القطب الموجب تاركه وراءها اللوح المعدنى مشحوناً بشحنة موجبة . وفي الناحية الأخري تتجذب الالكترونات الحرة باللوح السالب ناحية الشحنات الموجبة للمادة العازلة مسببة تراكم الشحنات السالبة على اللوح السالب. وحركة الالكترونات في اتجاه القطب الموجب وفي اتجاه اللوح السالب السابق شرحها تسبب مرور تيار الشحنة الكهربية الذى يتوقف عندما يصل تراكم الشحنات الى القيمة المناظرة لسعة المكثف .

ويسمى المكثف باسم الوسط العازل فيقال مثلاً مكثف هوائي أو مكثف ورقي أو مكثف سيراميك أو مكثف ميكا وهكذا ... وهذه المكثفات غير مستقطبة أى توصل بالدائرة من أى من الطرفين دون التقييد بطرف موجب وآخر سالب .

أما المكثفات الكيمائية أو الالكتروليتية فإنها مستقطبة أى أن لها طرف موجب وآخر سالب ويجب العناية بعدم التوصيل الخاطيء لها .

العوامل التي تتوقف عليها سعة المكثف :

تتوقف سعة المكثف على العوامل الآتية:

١- مساحة الألواح بالسنتيمتر المربع (a)

٢- المسافة بين الألواح بالسنتيمتر (d)

٣- سماحية المادة العازلة ε (ε حرف أغريقي ينطق إبسلون) وبذلك تكون :

سعة المكثف = $\dfrac{\text{مساحة الألواح × سماحية المادة العازلة}}{\text{المسافة بين الألواح}}$

$$C = \frac{\varepsilon . a}{d}$$

وسماحية العزل للمادة = سماحية الفراغ ε_o× الثابت النسبى للمادة العازلة K

حيث ($\varepsilon_o = 8.85 \text{ X } 10^{-12}$) مقاسه بالكولوم / فولت. متر .

أو ($\varepsilon_o = 8.85 \text{ X } 10^{-14}$) مقاسه بالكولوم / فولت . سنتيمتر .

وبذلك تكون السعة:

$$C = \frac{8.85 \times 10^{-14}\, a\, k}{d}$$

وثابت العزل K يسمى السماحية النسبية للمادة العازلة والجدول الآتي يبين قيم ثابت العزل لبعض المواد الشائعة الاستخدام فى المكثفات .

	المادة	السماحية النسبة K
١	الهواء	١.٠٠٠٠٥
٢	الورق الجاف	٢.٥ – ٢
٣	شريط بوليسترين	٢–٣
٤	ميكا	٣–٧
٥	ورق مشرب	٤–٦
٦	خزف	٦–١٠٠

أنواع المكثفات :

تنقسم المكثفات من حيث السعة إلى:

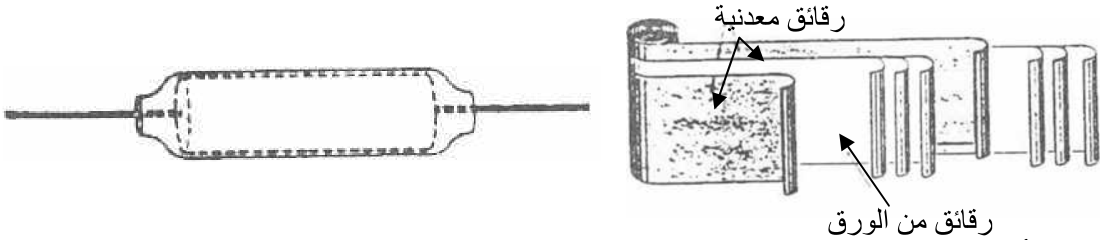
١– **مكثفات ثابتة السعة:** وهى التي لا تتغير السعة بها نظراً لثبات الألواح بالنسبة لبعضها البعض وكذلك ثبات المسافة بين الألواح مثل المكثفات الورقية والمكثفات الالكتروليتية ومكثفات الميكا ومكثفات السيراميك ... الخ .

٢– **مكثفات متغيرة السعة:** مثل المكثفات الهوائية والمكثفات ذات التغير الدقيق

١– المكثفات ذات السعة الثابتة :

أ – المكثفات الورقية أو البلاستيكية :

شكل (١– ٢٩– أ) يبين تركيب المكثفات الورقية أو البلاستيكية حيث تتركب من رقيقتين معدنيتين من الألمونيوم كل منهما متصلة بأحد الأطراف وتوضع بينهم رقائق من الورق المشبع بمادة عازلة أو رقائق من البلاستيك ثم تلف معا وتغلف بغلاف خارجى كما فى شكل (١–٢٩– ب) .



ب–مكثف ورقى مغلف   أ– التركيب الداخلى لمكثف ورقى

شكل (١–٢٩) مكثف ورقى مغلف

ب – مكثفات الميكا :

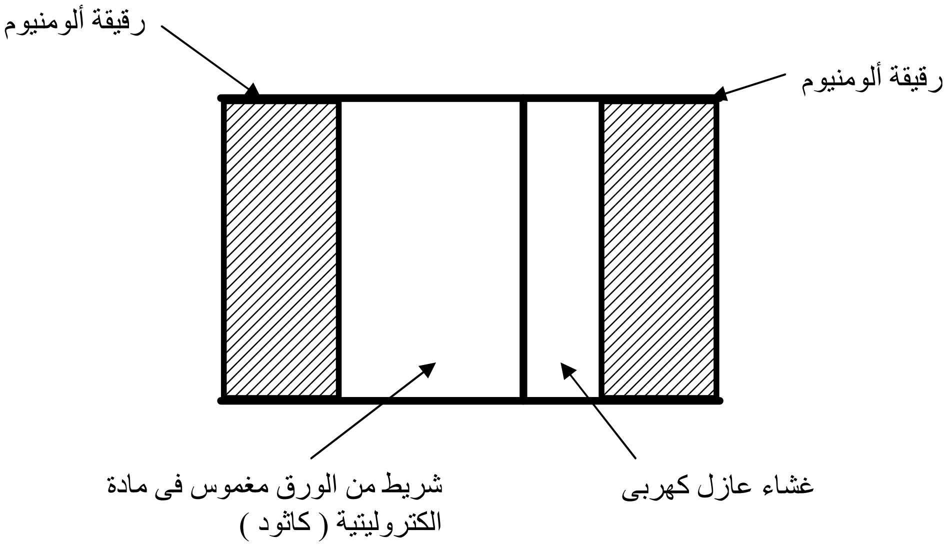
تصنع من رقائق معدنية توضع بينهما ألواح الميكا حيث تشكل على هيئة مكثف متعدد الالواح بحيث يتم ربطها كلها لتكون وحدة متماسكة .

جـ– المكثفات السيراميكية :

تتكون هذه المكثفات من أقراص من السيراميك مطلية من أحد أوجهها بمادة معدنية "فضة البا" ثم تغلف بمادة راتنجية (صمغية) ويتصل بطرفيها أوجه المكثف .

د– المكثفات الالكتروليتية :

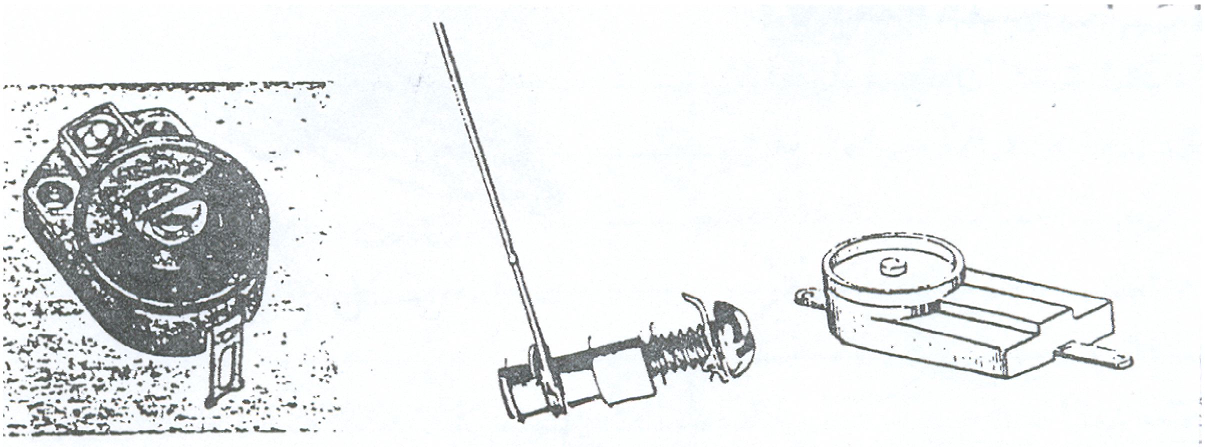
المكثفات الالكتروليتية هى مكثفات مستقطبة حيث أن أحد طرفيها عبارة عن شريط من الورق المغموس فى مادة الكتروليتية شكل (١–٣٠) وبالتالي يجب أن يكون متصل بالطرف السالب أما الطرف الموجب فإنه عبارة عن لوح من الألمونيوم أو التنتاليوم مرسب عليه طبقة رقيقة من أكسيد الألمونيوم العازل وهذا الطرف يجب أن يكون موجباً عند التوصيل .



شكل (١-٣٠)

المكثفات ذات السعة المتغيرة :

في هذه المكثفات تتحرك بعض الألواح المعدنية بالنسبة لبعضها الآخر مما يغير مساحة الالواح المواجهة لبعضها البعض أو يتغيير المسافة بين الألواح وبعضها مما يؤدى إلى تغير سعة المكثف .



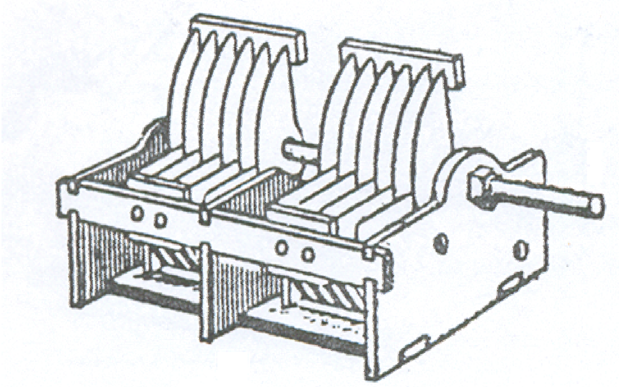
شكل (١- ٣١) المكثفات ذات السعة المتغيرة للضبط الدقيق

أ- المكثفات ذات السعة المتغيرة للضبط الدقيق Trimmer Capacitor

المادة العازلة فى هذه المكثفات قد تكون من الخزف أو الهواء ويتم فيها تحريك الألواح بالنسبة لبعضها لتغيير مساحتها أو لتغيير البعد بينهما باستخدام المفك ويبين شكل (١-٣١) هذا النوع .

ب - المكثفات متغيرة السعة الهوائية :

تتكون من مجموعة من الالواح المتحركة حول محورها وأخرى ثابتة كما هو يوضح بشكل (١-٣٢) وكل مجموعة مكونة من أنصاف دوائر وهذا يتيح تغيراً كبيراً في مساحة الالواح المواجهة لبعضها البعض وبالتالي تحدث تغيراً كبيراً في سعة المكثف .



شكل (١-٣٢) مكثف هوائى متغير السعة

المواصفات القياسية للمكثفات :

تحدد المواصفات القياسية للمكثفات القيم الهامة التى يمكن على أساسها اختيار مكثف معين عند تصميم دائرة الكترونية وهى :-

١- نوعية العازل Dielectric

٢- السعة Capacitance

وتحدد بالميكروفاراد وتتوافر المكثفات بسعات مختلفة تتوقف على نوع المادة العازلة فهى تتراوح من جزء من البيكو فاراد لمكثفات الميكا والسيراميك إلى $١٠^{٥}$ ميكروفاراد للمكثفات الالكتروليتية .

٣- نسبة السماح في السعة :

يعبر عن نسبة السماح في السعة بنفس الرموز التى تعبر عن نسبة السماح في المقاومات ولكن في كثير من الأحيان تكون نسبة السماح كبيرة أو غير متساوية حول القيمة الإسمية في السعة . إذ أن بعض المكثفات الالكتروليتية لها نسب سماح تتراوح بين ١٠% إلى ٥٠% وعادة ما تذكر هذه القيمة ضمن مواصفات الشركة المصنعة لهذه المكثفات.

٤- مقنن الجهد Rated Voltage

وتكتب هذه القيمة بالفولت على المكثف نفسه ومن المهم مراعاة هذه القيمة عند استخدام أو إستبدال المكثف في أى دائرة وخاصة المكثفات الكيميائية . ويمكن استبدال مكثف في دائرة بآخر مقنن جهده أعلى والعكس غير صحيح .

٥- الجهد المعكوس Reverse Voltage

يجب الاهتمام بقطبيه المكثف عند التوصيل حيث أن عكس الاقطاب يؤدي إلى انفجار المكثف الالكتروليتى .

ويحدد الجهد المعكوس للمكثف الحد الأقصى للجهد عند عكس الأقطاب وكمثال فمكثف التنتاليوم يمكن أن يتحمل جهد معكوس حتى ١.٥ فولت فقط .

٦- مدى درجات الحرارة Temperature range

معظم المكثفات تتحمل درجة حرارة تشغيل من – ٤٠ °م إلى ٨٥ °م إلا أن بعض المكثفات يمكن تشغيلها عند درجات حرارة تصل إلى ١٢٥ °م أو تقل حتى- ٥٥ °م ويجب مراعاة درجة حرارة التشغيل وخاصة عند استخدام المكثف في الدوائر الخاصة بالأفران .

٧- الممانعة بالأوم Impedance

٨- معامل التغير في درجة الحرارة Temperature Coefficient

وتقاس بأجزاء المليون لكل درجة مئوية PPM / **^{o}C**

٩- فاقد العزل dielectric Losses

وهى التي تحدد زاوية الطور للتيار بالنسبة لجهد الأطراف .

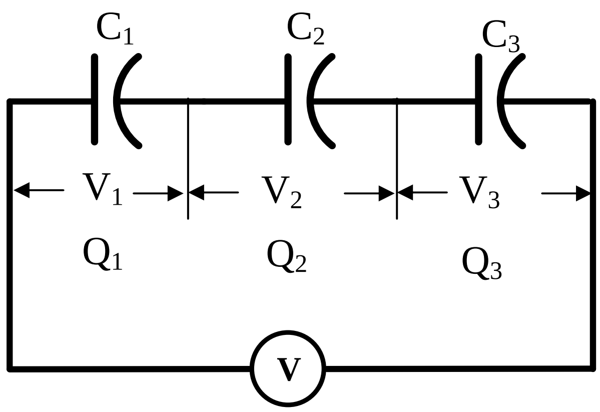
١٠- عمر المكثف ويقاس بساعات التشغيل Life Time (hrs)

١١- جهد العزل ويقاس بالفولت Insulation Voltage

١٢- تيار التسرب ويقاس بالمايكرو أمبير Leakage Current

توصيل المكثفات على التوالي:

يوضح شكل (١-٣٣) ثلاثة مكثفات متصلة على التوالي . يمر نفس تيار الشحن في الثلاث مكثفات فإذا كانت شدة هذا التيار



شكل (١- ٣٣)

هى I ويمر لمدة زمنية T فإن الشحنة التي تتجمع على كل مكثف تكون

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_2$$

ونتيجة لتواجد شحنة كهربية على كل مكثف يتولد بين طرفيه فرق جهد .

وإذا كان V_3, V_2, V_1 هى فروق الجهد الناتجة بين طرف كل مكثف من المكثفات الثلاثة حيث :

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \qquad V_2 = \frac{Q}{C_2} \qquad V_3 = \frac{Q}{C_3}$$

وإذا كان جهد المصدر

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = \frac{Q}{C_t}$$

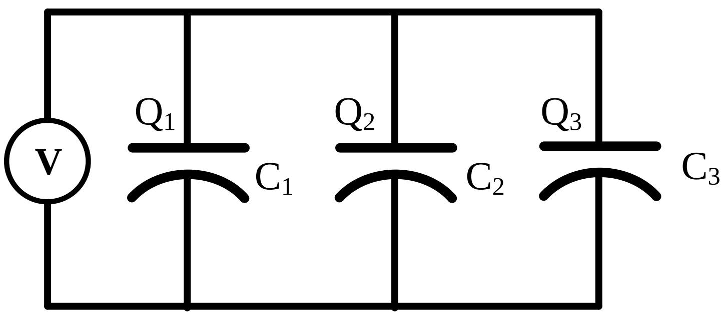
$$\frac{Q}{C_t} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

بقسمة المعادلة على Q

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

أى أن مقلوب سعة المكثف المكافيء لمجموعة مكثفات متصلة على التوالي يساوى المجموع الجبري لمقلوبات السعات المختلفة لمجموعة المكثفات .

توصيل المكثفات على التوازي :



شكل (١-٣٤)

يبين شكل (١-٣٤) ثلاثة مكثفات متصلة على التوازي مع مصدر للجهد مقدارة V ،فرق الجهد بين طرفي كل مكثف يساوى V ونفرض أن الشحنات على المكثفات هى Q_3, Q_2, Q_1

$$Q_1 = C_1 V$$
$$Q_2 = C_2 V$$
$$Q_3 = C_3 V$$

فإذا كانت C_t تمثل سعة المكثف المكافئ لمجموعة المكثفات المتصلة على التوازي Q_t فإن Q_tهى الشحنة على هذا المكثف فيكون :

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3$$
$$Q_t = C_t V$$
$$C_t V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

بالقسمة على V

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$

وبذلك تكون السعة المكافئة لمجموعة سعات متصلة على التوازي مساوية للمجموع الجبرى لهذه السعات .

توصيل المكثفات على التضاعف (المركب):

وهى مجموعة أفرع يتم التعامل معها كما في المقاومات حتى نحصل على السعة المكافئة .

أمثلة محلولة

مثال ١ : ثلاثة مكثفات سعتها ٢ ، ١ ، ٤ ميكروفاراد متصلة على التوازي مع مصدر للجهد قيمته ٢٢٠ فولت . احسب قيمة السعة المكافئة . احسب كذلك قيمة الشحنة الموجودة على كل مكثف.

الحل:

نفرض أن السعة المكافئة = C_t

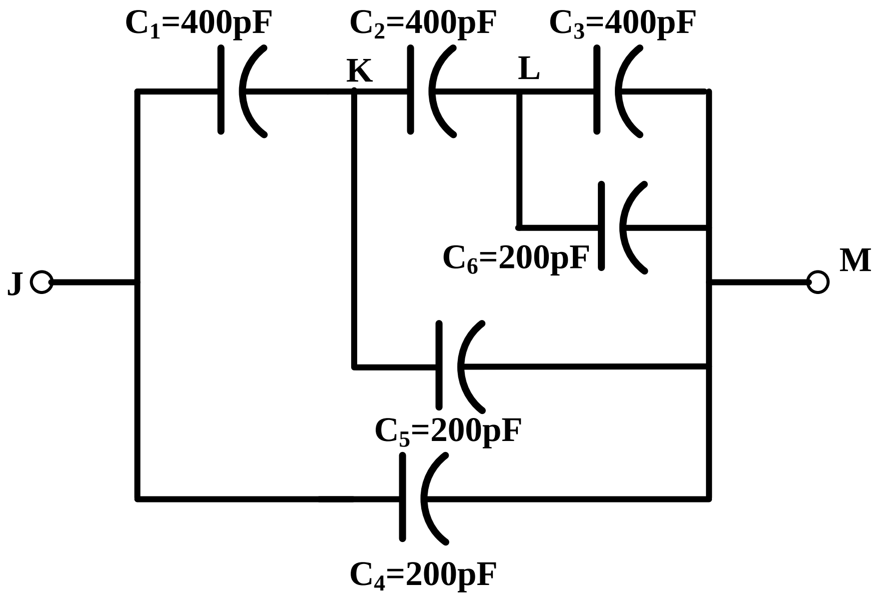
$$C_t = C_1 + C_2 + C_3$$
$$= 2 + 1 + 4 = 7\ \mu F$$

$$Q_1 = C_1 . V = (2\times10^{-6})(220) = 440 \quad \mu \ \text{Col}$$

$$Q_2 = C_2 . V = (1\times10^{-6})(220) = 220 \quad \mu \ \text{Col}$$

$$Q_3 = C_3 . V = (4\times10^{-6})(220) = 880 \quad \mu \ \text{Col}$$

<u>مثال ٢ :</u> ستة مكثفات متصلة كما هو موضح بشكل (١–٣٥) احسب السعة المكافئة بين الطرفين J , M .



شكل (١–٣٥)

الحل :

نفرض أن C_{LM} هى محصلة C_6 , C_3

$$C_{LM} = C_3 + C_6$$

$$= 400 + 200 = 600 \ \text{p F}$$

نفرض أن C_{KLM} هى محصلة C_{LM} ، C_2 المتصلتان على التوالي :

$$C_{KLM} = \frac{400 \times 600}{400 + 600} = 240 \ \text{P F}$$

نفرض أن C_{KM} هى محصلة C_5, C_{KLM} المتصلتان على التوازي.

$$C_{KM} = C_3 + C_{KLM}$$

$$= 200 + 240 = 440 \ \text{PF}$$

نفرض أن C_{JKM} هى محصلة C_1, C_{km} المتصلتان على التوالي.

$$C_{JKM} = \frac{400 \times 440}{400 + 440} = 209.5 \text{ p F}$$

وبالتالي تكون المحصلة الكلية بين الطرفين M, J هى C_{JM}.

$$C_{JM} = 209.5 + 200$$
$$= 409.5 \text{ p F}$$

١–٧ الملفات – تعريفها – أنواعها – استخداماتها :

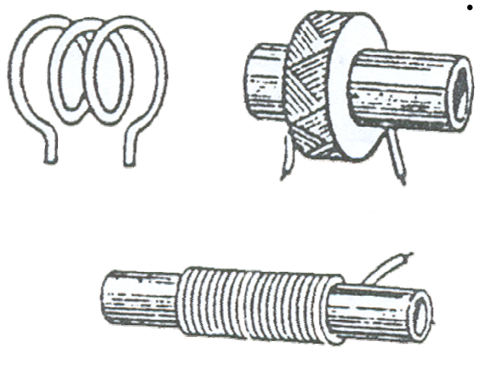
مقدمة :

تعتبر الملفات الحثية من العناصر الالكترونية والتي تستخدم بكثرة في الدوائر الالكترونية المختلفة .

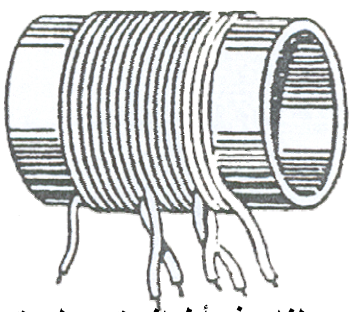
التركيب :

يتركب الملف الحثى من :

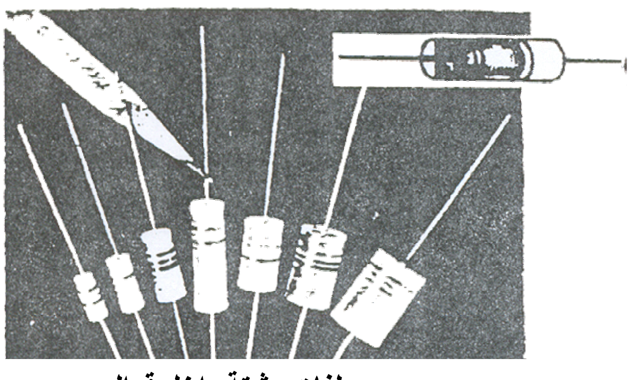
١– **ملفات سلكية :** من النحاس الأحمر المعزول بأقطار مختلفة، وقد تكون ملفوفة بعدد قليل من اللفات القليلة المتباعدة عن بعضها بطول معين أو تكون بعدد كثير من اللفات وقد تكون أحادية ذات طرفين فقط كما هو مبين بشكل (١–٣٦– أ) أو متعددة الأطراف كما هو مبين بشكل (١–٣٦– ب) وقد تكون مثبتة داخل قوالب كما هو مبين بشكل (١–٣٦– جـ)



أ- ملفات احادية



ب- ملفات ذو أطراف توصيل متعددة



جـ - ملفات مثبتة داخل قوالب

شكل (١-٣٦)

٢- القلب :

تختلف الملفات الحثية من حيث نوع القلب فمنها:

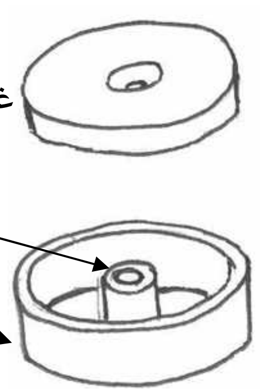
أ- **القلب الهوائي** : حث تلف الملفات على اسطوانة مفرغة من الفبر أو البكاليت ثم تسحب أو تثبت داخل قوالب كما بشكل (١- ٣٦ - جـ) .

ب- **قلب من رقائق الصلب السليكوني** لتقليل المفاقيد المغناطيسية والتيارات الاعصارية (الدوامية) حتى لا يسخن القلب الحديدي ويؤدي إلى تلف الملف .

ج- قلب مصنوع من برادة الحديد ومادة راتنجية وذلك للصق البرادة وتشكيلها تبعاً للشكل المطلوب وتصبح المقاومة الكهربية لهذه القلوب كبيرة جداً وبذلك تقل المفاقيد الناتجة عن التيارات الاعصارية والمغناطيسية .

د- **قلوب الفيريتات:** الفيريتات هى مواد أكسيدية لها خواص مغناطيسية مشابهة للحديد ولكنها تعتبر من الوجهة الافتراضية عوازل والقدرة المفقودة بها صغيرة جداً والقلوب المصنوعة من الفريتات قابلة للتقصف ولذلك فإنها تتحطم نتيجة للإستخدام غير السليم.

ويستخدم في كثير من الملفات قلوب من الفيريت على شكل وعاء مركب عليه غطاء شكل(١- ٣٧) ويمكن ضبط محاثة الملف بتغير الفجوة الهوائية بين الغطاء والقاعدة أو بواسطة قلوظة الغطاء والقاعدة بحيث يمكن التحكم في طول الثغرة الهوائية - بواسطة تحريك الغطاء للداخل أو الخارج.



شكل (١-٣٧)

خاصية الحث في الملفات:

عند مرور تيار كهربي في ملف حثى فإنه يسبب فيض مغناطيسي في قلب الملف. وتعرف قابلية الملف لإنتاج الفيض المغناطيسى بمعامل الحث الذاتي ويرمز له بالرمز (L) ووحداته هى الهنرى .

فإذا مر بملف عدد لفاته N لفة تيار كهربي شدته I أمبير فإنه ينتج فيض مغناطيسى بالملف قدرة Ø وبالتالي فإن معامل الحث الذاتي للملف يمكن إيجاده من العلاقة:

$$\text{معامل الحث الذاتي } (L) = \frac{\text{عدد لفات الملف } N \times \text{ الفيض المغناطيسي } Ø}{\text{التيار المار في الملف } I}$$

$$L = \frac{N \times Ø}{I} \quad H$$

ونظرًا لأن الفيض المغناطيس يتناسب طردياً مع شدة التيار بالملف وعدد لفات الملف وعكسياً مع الممانعة المغناطيسية لقلب الملف فإنه يمكن استنتاج العلاقة

$$Ø = \frac{NI}{R_{mag}}$$

حيث R_{mag} هى ممانعة مسار الفيض للمجال المغناطيسى . وبالتعويض عنØ في معادلة الحث الذاتي نجد أن

$$L = \frac{N^2}{R_{mag}}$$

ونظراً لأن الممانعة المغناطيسية تتوقف على مسار الفيض المغناطيسي من حيث الطول ومساحة المقطع والمادة التي ينساب خلالها الفيض المغناطيسي ، فإن معامل الحث الذاتي L للملف يتوقف على شكل ونوع قلب الملف ومربع عدد لفاته . ويلاحظ أنه لا يتأثر بنوعية سلك الموصل أو خواصه الكهربية .

ويقاس معامل الحث الذاتي لملف بوحدة H هنرى أو m.H مللي هنرى = $١٠^{-٣}$ هنرى أو ميكروهنرى = $١٠^{-١٢}$ هنرى أو ميكروهنرى μ H والميكروهنرى = $١٠^{-٦}$ وكذلك p H البيكوهنرى = $١٠^{-١٢}$ هنرى وذلك لأن قيمة الهنري تعتبر قيمة كبيرة وغير عملية في الدوائر الالكترونية .

الممانعة الحثية للملف:

عند توصيل ملف حثى ذو معامل حث ذاتـي (L) بمصدر كهربي متردد جهده V وتردده f هرتز فإن التيار المار به يكون أيضاً تياراً متردداً تردده f وتوضحه العلاقة V

$$V = \omega L I$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega L = \frac{V}{I}\,\Omega$$

$$I = \frac{V}{\omega L}\,Amp$$

حيث π النسبة التقريبية = ٣.١٤ أو $\frac{٢٢}{٧}$

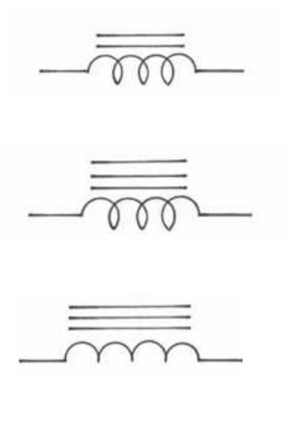
وتسمي القيمة ωL بالممانعة الحثية للملف وتميز بالأوم الظاهرى ويرمز لها بالرمز X_L

أنواع الملفات:

يمكن تصنيف الملفات الحثية من حيث التركيب والاستخدام كما يلي:

أولاً : أنواع الملفات من حيث التركيب .

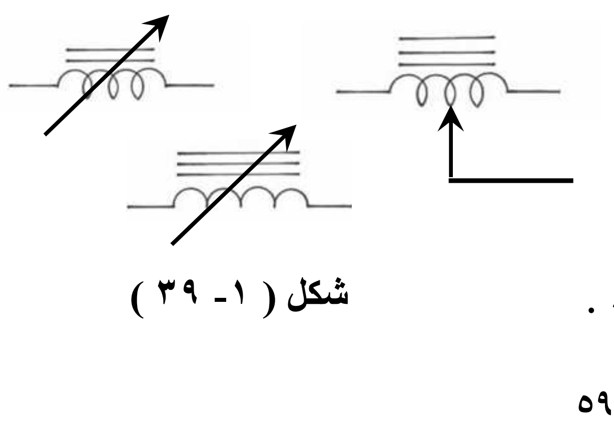
١- الملف ذو القلب المغناطيسي الثابت: وهى ملفات ذات معامل حث ذاتي عالي وتستخدم فى دوائر التردد المنخفض .ويطلق على هذه الملفات اسم الملفات الخانقة ويرمز لها كما هو موضح في شكل (١- ٣٨)



شكل (١- ٣٨)

٢- الملفات ذات القلب المغناطيسى المتغير

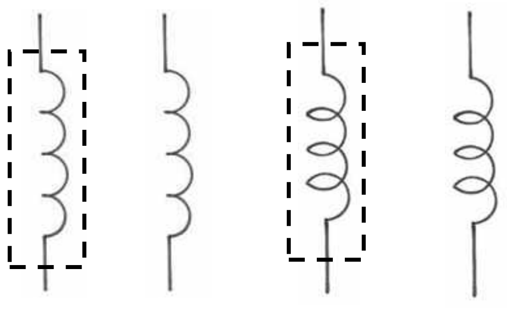
وشكل (١-٣٩) يبين الرمز الكهربي للملفات الخانقة الحثية المتغيرة في معامل الحث الذاتي وتستخدم في دوائر الرنين في الدوائر الالكترونية .



شكل (١- ٣٩)

٣- الملفات ذات القلب الهوائي:

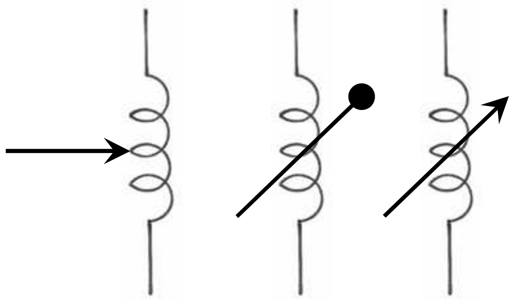
الملفات ذات القلب الهوائي الثابتة وهذه الملفات يكون معامل الحث الذاتي لها صغيراً وثابتاً وتستخدم في دوائر التردد العاللي وشكل (١-٤٠) يوضح الرمز الكهربي لها .



شكل (١- ٤٠)

٤- الملفات ذات القلب الهوائى المتغيرة :

ويستخدم هذا النوع في دوائر الرنين ذات الترددات العالية وشكل (١-٤١) يبين الرموز الكهربية لهذا النوع



شكل (١- ٤١)

ثانياً : تقسيم الملفات من حيث الاستخدام

١- ملفات خانقة للتردد العالي :

تستخدم على التوالي مع الدائرة الالكترونية للحد من مرور التيارات ذات التردد العالي ولتنقية الدوائر من الشوشرة وكذلك في دوائر التوحيد .

٢- ملفات الرنين :

توصل الملفات مع المكثفات المتغيرة والمقاومات لاحداث رنين عند ترددات معينة لما يتيح الحصول على الترددات المطلوبة خاصة في دوائر الراديو.

٣- ملفات الموائمة والإتصال :

تستخدم فيها عدة ملفات بينهما حث متبادل حتى يمكن نقل الذبذبات من دائرة إلى أخرى

تذكر (عناصر الدوائر الكهربية والالكترونية)

- الدائرة الكهربية تعتبر مسار مغلق للتيار الكهربي .
- عناصر الدائرة الكهربية هى (منبع كهربى – اسلاك توصيل – أحمال – معدات تحكم وحماية) .
- وحدة القوة الدافعة الكهربيةهى نفسها وحدة فرق الجهد أى " الفولت " .
- فرق الجهد الكهربى هو الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات الموجبة من نقطة لأخرى.
- يقاس فرق الجهد بواسطة جهاز الفولتميتر ويوصل بالتوازى مع المنبع .
- التيار الكهربي هو معدل سريان الالكترونات في الموصل .
- اتجاه التيار الكهربي في إتجاه معاكس لإتجاه حركة الالكترونات الحرة .
- يقاس التيار الكهربي بجهاز الامبروميتر ويوصل بالتوالي بالدائرة المراد قياس شدة التيار المار بها .
- المقاومة الكهربية هى مقاومة الأجزاء المختلفة لسريان التيار الكهربي .
- تقاس المقاومة الكهربية بجهاز الأوميتر " قياس مباشر " .
- قانون أوم ينص على أن "فرق الجهد بين طرفي موصل كهربى يساوى حاصل ضرب كل من مقاومة الموصل والتيار المار فيه" .
- تتوقف قيمة مقاومة الموصل على نوع مادة الموصل ، طول الموصل ، مساحة مقطع الموصل .

$$\text{مقاومة الموصل} = \frac{\text{المقاومة النوعية} \times \text{طول الموصل}}{\text{مساحة مقطع الموصل}}$$

$$R = \frac{\rho L}{a} \Omega$$

- من وجهة نظر الدائرة الكهربية يمكن اعتبار المقاومة الكهربية نبيطة تمتلك علاقة ثابتة بين فرق الجهد بين طرفيها والتيار المار فيها .

- القدرة في المقاومة تتحول الى حرارة وهى تساوى حاصل ضرب كل من فرق الجهد وشدة التيار ووحداتها هى الوات .
- معامل المقاومة الحراري هو مقدار التغير في قيمة المقاومة عندما تتغير درجة حرارتها درجة واحدة مئوية ويرمز لمعامل المقاومة الحراري بالرمز (α) .
- زيادة عمر المقاومة يسبب تغيراً في قيمة مقاومتها الكهربية .
- المقاومات نوعان (مقاومة ثابتة القيمة [عيارية] ، مقاومة متغيرة) .
- المقاومة العيارية ثابتة القيمة مع الزمن والمعامل الحراري للمادة المصنوعة منها صغير جداً .
- تتراوح قيمة المقاومة السلكية من الكسور الصغيرة للأوم الى الآلاف من الأوم.
- تتراوح قيمة المقاومة الكربونية من ١٠ أوم إلى ٢٠ مليون أوم (٢٠ ميجا أوم) .
- تمتاز المقاومة الكربونية بصغر الحجم ورخص الثمن وتعطى قيم أكبر من المقاومة السلكية .
- المقاومة المتغيرة مع الجهد تسمى الفاريستور Varistor .
- الفاريستور مصنوعة من مادة شبه موصلة تقل قمتها بإزدياد الجهد المؤثر على طرفيها.
- الفاريستور تصنع من كربيد السليكون وتستخدم في أجهزة الوقاية من الجهود المفاجئة.
- في شفرة الوان المقاومات .

تدل الحلقة الأولى على رقم الآحاد في قيمة المقاومة .

تدل الحلقة الثانية على رقم العشرات في قيمة المقاومة .

تدل الحلقة الثالثة على قيمة معامل الضرب (عدد الأصفار)

تدل الحلقة الرابعة على النسبة المئوية لقيمة التفاوت .

- التوصيلية مقلوب المقاومة النوعية ووحداتها الموه mho أو السيمنز .
- إذا وصلت المقاومات على التوالي فإن المقاومة المكافئة أكبر من أكبر مقاومة في الدائرة .

- إذا وصلت المقاومات على التوازى فإن المقاومة المكافئة أصغر من أصغر مقاومة فى الدائرة .
- إذا وصلت المقاومات على التوالي فإن جهد المصدر يتم تقسيمه على تلك المقاومات حسب مقدار كل مقاومة .
- إذا وصلت مقاومات على التوازي فإن المقاومة الأصغر يمر بها التيار الأكبر .
- القدرة في المقاومة تتحول إلى طاقة حرارية بمرور الزمن .
- القدرة = حاصل ضرب شدة التيار × فرق الجهد

$$\left(P = I.V\right)$$

- الوحدة الاساسية لقياس القدرة هى الوات
- مضاعفات الوات هى كيلو وات = ١٠٠٠ وات ، ميجاوات = $١٠^{٦}$ وات .
- المقاومة N T C تقل قيمتها بزيادة درجة الحرارة .
- المقاومة P T C تزيد قيمتها بزيادة درجة الحرارة .
- المكثف وحدة قادرة على تخزين الشحنات الكهربية وتفريغها .
- سعة المكثف تقاس بالشحنة الكهربية اللازمة لرفع الجهد بين طرفيه فولت واحد وكلما زادت الشحنة المخزنة بالمكثف كلما زاد فرق الجهد بين طرفيه .

$$\text{سعة المكثف} = \frac{\text{الشحنة الكهربية (بالكولوم)}}{\text{فرق الجهد (بالفولت)}}$$

$$C = \frac{Q}{V} \, Farad$$

- تتوقف سعة المكثف على مساحة الألواح، المسافة بينهما، سماحية الوسط العازل.
- معامل الحث الذاتي للملف يتوقف على شكل ونوع قلب الملف وعدد لفاته.
- أنواع الملفات (ملفات ذات قلب ثابت – ملفات ذات قلب مغناطيسي متغير – ملفات ذات قلب هوائي – ملفات ذات قلب هوائي متغير) .

أسئلة على الباب الأول

١- ما هى عناصر الدائرة الكهربية ؟

٢- ما هى وظيفة المنبع الكهربي في الدائرة الكهربية ؟

٣- ما هى وظيفة أسلاك التوصيل في الدائرة الكهربية ؟

٤- عرف فرق الجهد الكهربي و ما وحدة قياسه وإسم الجهاز المستخدم لقياسه.

٥- عرف التيار الكهربي وما هى وحدة قياسه واسم الجهازالمستخدم لقياسه .

٦- عرف المقاومة الكهربية واكتب وحدة القياس لها ؟

٧- اذكر نص قانون أوم واكتب الصيغة الرياضية له ؟

٨- ما الفرق بين المقاومة السلكية والمقاومة الكربونية ؟

٩- هل تزداد مقاومة الموصلات بالحرارة ؟ أكتب العلاقة التى توضح ذلك

١٠- وضح بإختصار العلاقة بين مقاومة الموصل المادية وكل من الطول ومساحة المقطع والمقاومة النوعية ودرجة الحرارة ؟

١١- عرف معامل المقاومة الحراري الكهربي وأذكر القانون الذى يربط بين المعامل الحراري والمقاومة ؟

١٢- احسب المقاومة الكلية وشدة التيار المار لثلاث مقاومات قيمتها على الترتيب ٢٠٠ ، ٥٠٠ ، ٣٠٠ أوم . إذا وصلت على التوالي بمنبع جهده ١٠٠ فولت . ثم احسب الجهد على أطراف كل مقاومة ؟

١٣- ثلاث مقاومات قيمها ٥ ، ١٥ ، ٣٠ أوم وصلت على التوازي ووصلت بمنبع جهده ١٠فولت أوجد ؟ .

أ- المقاومة المكافئة لهذه المقاومات ؟

ب- احسب التيار المار بكل مقاومة ؟

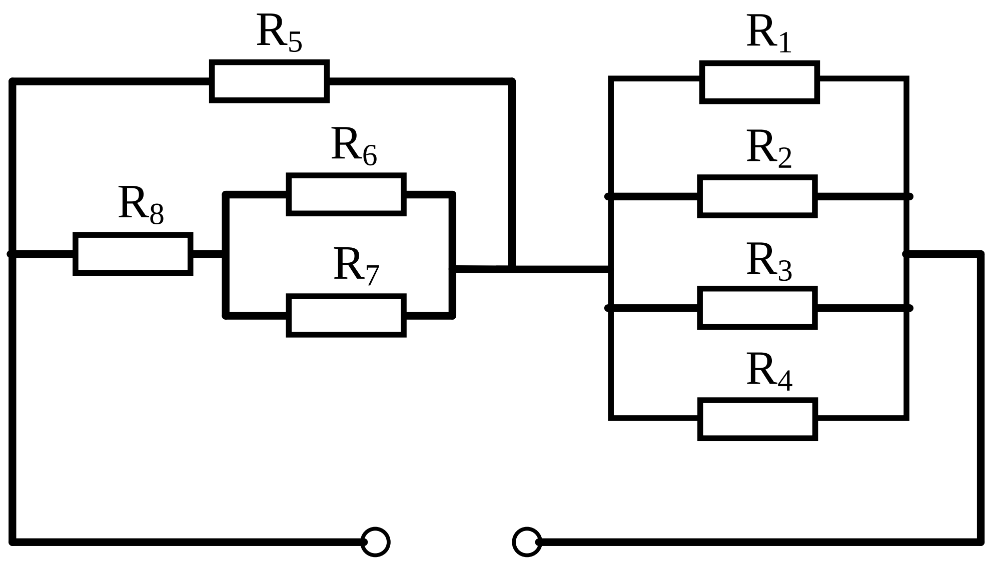
١٤- في الدائرة الموضحة بالشكل .

$R_1=1\Omega$	$R_2=2\Omega$
$R_3=4\Omega$	$R_4=3\Omega$
$R_5=3\Omega$	$R_6=6\Omega$
$R_7=5\Omega$	$R_8=3\Omega$

فإذا مر تيار إجمالى من المنبع مقداره ٤.٥ أمبير - احسب:

أ- المقاومة الكلية للدائرة   ب- الجهد المؤثر على الدائرة

جـ- شدة التيار المار بكل مقاومة   د - الجهد المؤثر على كل مقاومة



الباب الثاني

التأثيرات المختلفة للتيار الكهربي

٢-١ التأثير الكهرومغناطيسي:

٢-١-١ المجال المغناطيسي حول موصل – ق . د . ك المستنتجة – قاعدة اليد اليمنى لفلمنج ونظرية المولد الكهربي – الحث الذاتي – الحث المتبادل .

٢-١-٢ حساب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد عن موصل يحمل تيار(قانون بيوت سافارت) .

٢-١-٣ المجال المغناطيسي لتيار يمر في (موصل مستقيم – موصل دائرى – في ملف دائرى).

٢-١-٤ القوة الدافعة الكهربية المتولدة في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي .

٢-١-٥ القوة الميكانيكية الناشئة عن مرور تيار في موصل موجود في حيز مغناطيسي

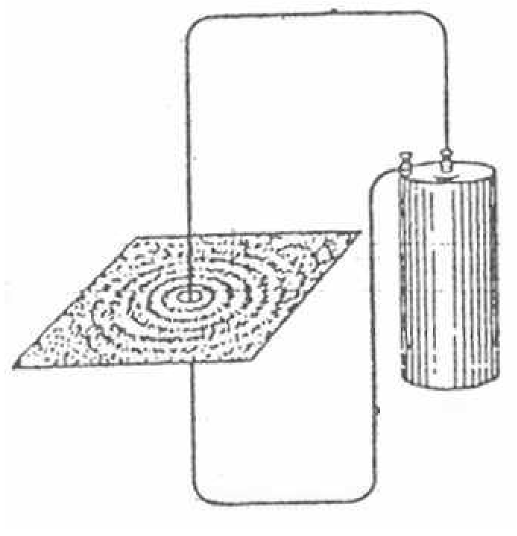
٢-٢ المحولات الكهربية (تعريف المحول – تركيبه – أنواع المحولات – استخدامات المحولات) .

٢-١ التأثير الكهرومغناطيسي :

يتولد مجال مغناطيسي نتيجة دوران الالكترون ذى الشحنة السالبة في مداره حول النواة وكما هو معلوم فإن هناك مجموعة من الالكترونات ذات الشحنة السالبة تدور في اتجاه عقارب الساعة حول النواة ويتولد عنها مجال مغناطيسى ، كذلك هناك مجموعة أخرى من الالكترونات تدور حول النواة في اتجاه عكس عقارب الساعة ويتولد عنها أيضاً مجال مغناطيسي آخر . كلا المجالين المغناطيسيين يلاشيان بعضهما البعض . وعلى هذا فإن الكهرباء الساكنة (الاستاتيكية) لا يتولد عنها مجال مغناطيسي .

من المعلوم أن حركة الالكترونات خلال الموصل الكهربي – بتأثير القوة الدافعة الكهربية – يتسبب عنها سريان التيار الكهربى . كذلك تعمل القوة الدافعة الكهربية على أن تجعل كل الالكترونات تدور حول النواة في اتجاه واحد (سواء مع عقارب الساعة او ضدها) مما يجعل المجالات المغناطيسية المتولدة من دوران الالكترونات تتجمع كلها في صورة مجال مغناطيسي واحد قوى .

٢-١-١ المجال المغناطيسي حول موصل :

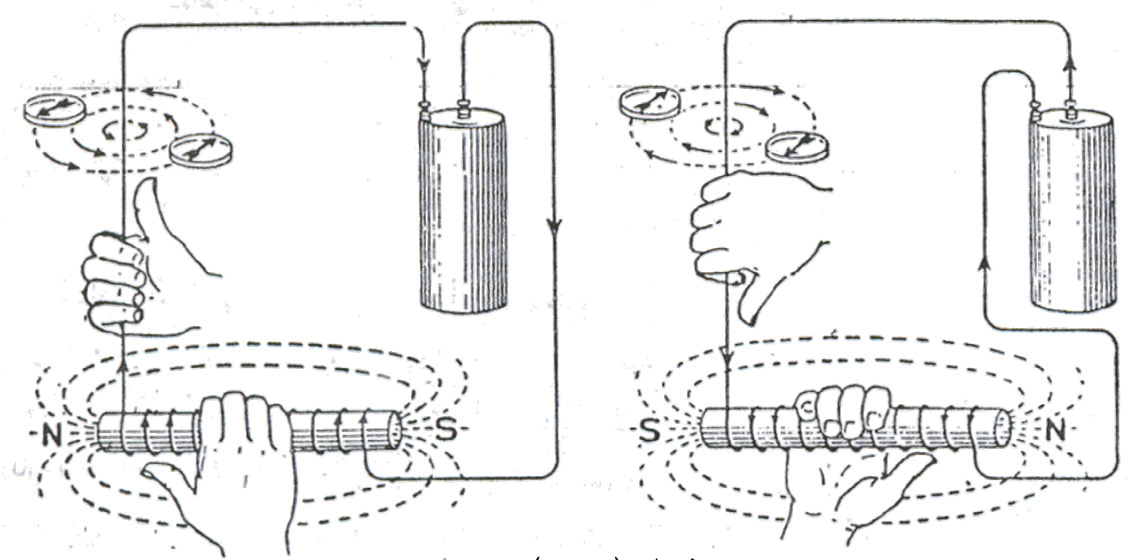


شكل (٢-١)
المجال المغناطيسى على هيئة دوائر مركزها السلك

عند مرور التيار الكهربي بالموصل يولد المجال المغناطيسى المتولد من دوران الالكترون حول النواة دوائر مغلقة وعلى هذا ففي شكل (٢-١) نجد أن المجال المغناطيسيى الناتج من مرور تيار كهربي يكون عبارة عن دوائر متحدة المركز حول الموصل الكهربي.

يعتمد اتجاه المجال المغناطيسى (أو إتجاه خطوط القوى المغناطيسية) على اتجاه التيار . ويمكن معرفة اتجاه المجال المغناطيسى عن طريق قاعدة اليد اليمنى التى تنص على أنه إذا امسك الفرد بيده اليمنى سلكاً بحيث يشير

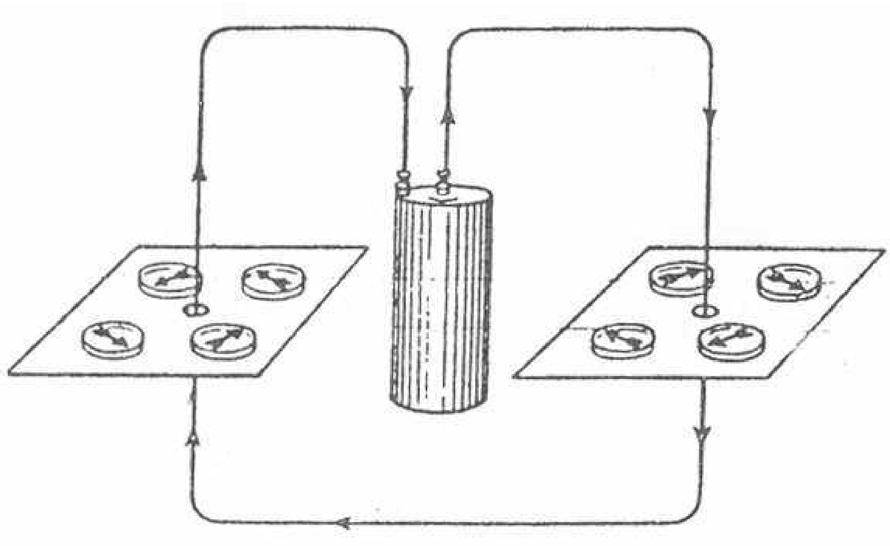
الابهام الى إتجاه التيار الكهربى فإن بقية الأًصابع تشير الى اتجاه المجال المغناطيسي كما هو موضح بشكل (٢-٢).



شكل (٢-٢)

هناك طريقة أخرى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي الناتج من مرور تيار كهربي في موصل كهربي بإستخدام البوصلة كما في شكل (٢-٣) ويمكن كذلك تعيين اتجاه المجال المغناطيسى بواسطة قاعدة البريمة لماكسويل كالآتي :

ضع سن البريمة في اتجاه التيار ثم أدر البريمة باليد اليمنى وفي اتجاه التيار فيكون اتجاه الدوران هو إتجاه خطوط المجال المغناطيسي حول الموصل الكهربي ويوضح شكل(٢-٣) هذه الطريقة .



شكل (٢-٣) تحديد إتجاه المجال حول السلك بواسطة البوصلة

خواص المجال المغناطيسي حول موصل الناشئ عن مرور تيار كهربي :

أ- المجال المغناطيسى حول موصل يكون على شكل دوائر متحدة المركز إذا كان الموصل سلكاً مستقيماً .

ب- تزداد كثافة المجال كلما اقتربنا من الموصل .

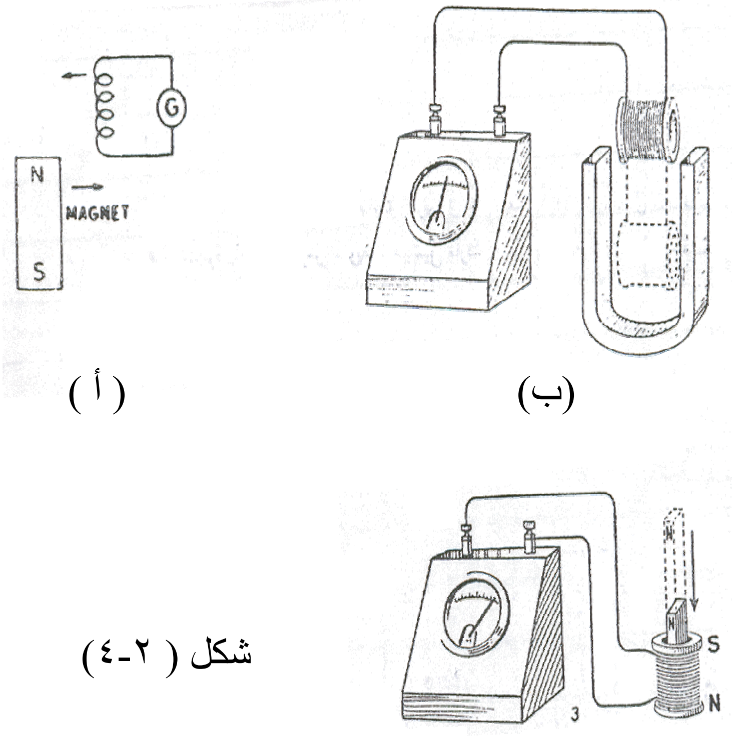
جـ- تتغير شدة المجال المغناطيسى مع تغير شدة التيار الكهربي .

د - يتغير اتجاه خطوط المجال المغناطيسي بتغيير إتجاه سريان التيار الكهربي.

هـ- يمكن معرفة إتجاه المجال المغناطيسي بواسطة البوصلة أو قاعدة اليد اليمنى أو قاعدة البريمة لماكسويل .

ق . د . ك المستنتجة من المجال المغناطيسي ونظرية المولد الكهربي :

هناك حقيقة مؤكدة بالتجربة وهى أنه تتولد قوة دافعة كهربية فى دائرة مغلقة إذا كان المجال المغناطيسى الذى يقطع هذه الدائرة يتغير مع الزمن . وشكل (٢-٤) يوضح تجارب قام بها فاراداي لدراسة توليد الكهرباء من المغناطيسية وذلك بالحركة النسبية بين كل من الملف وثبات المغناطيس كما هو موضح بشكل (٢-٤-أ،ب) أو إذا تحرك المغناطيس تجاه الملف الثابت شكل (٢-٤ أ،جـ) حيث تتولد القوة الدافعة الكهربية e m f (ق.د.ك) في الملف ويقرؤها جهاز الجلفانومتر ومنها تم استنتاج قانون فاراداي للمولد الكهربي .

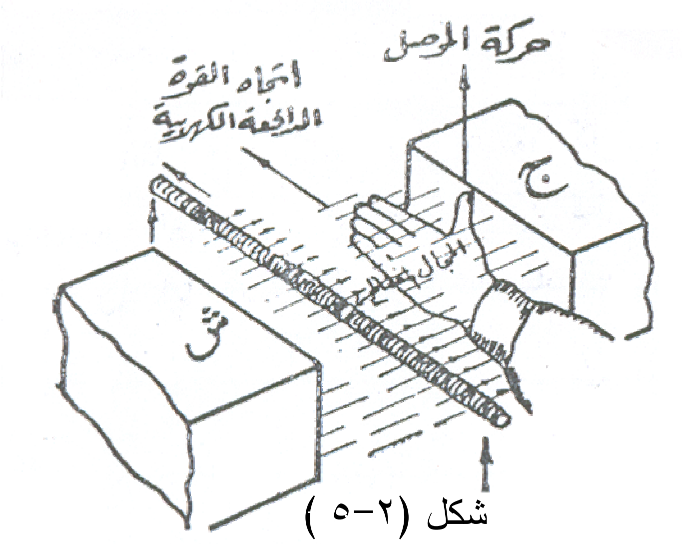


(أ) (ب) (جـ)

شكل (٢-٤)

قانون فاراداي للمولد الكهربي :

" اذا قطع الموصل ساحة مغناطيسية فإنه تستنتج به قوة دافعة كهربية (ق.د.ك) بالحث المغناطيسي وتكون قيمتها أكبر ما يمكن عندما تكون زاوية القطع ٩٠ ° "



شكل (٢-٥)

ويمكن تعين إتجاه القوة الدافعة الكهربية المستنتجة بواسطة قاعدة فلمنج لليد اليمنى شكل (٢-٥)

قاعدة فلمنج لليد اليمنى :

إبسط راحة يدك اليمنى بحيث يدخل المجال المغناطيسى عمودياً بها فيكون اتجاه الأصابع هو إتجاه ق . د . ك المستنتجة ويكون الإبهام مشيراً إلى إتجاه الحركة .

لتوليد قوة دافعة كهربية فى موصل لابد من توافر ثلاثة متطلبات :

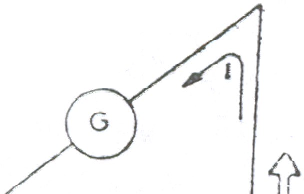
١- وجود موصل كهربي

٢ - وجود مجال مغناطيسي .

٣- أن يقوم الموصل بقطع خطوط قوى المجال المغناطيسي .

وهناك ثلاثة طرق لإتمام عملية قطع خطوط القوى المغناطيسية بواسطة الموصل وهى كالاتي :

الطريقة الأولى : الموصل يقطع المجال المغناطيسي:



وفى هذه الطريقة يكون المجال المغناطيسي ساكناً (أى أن المجال لا يتحرك) بينما يتحرك الموصل فتتولد لديه (ق . د . ك) تسبب حركة مؤشر كما في شكل (٢-٦) وتستخدم هذه الطريقة في مولدات التيار المستمر.

اتجاه الحركة

الفيض الناتج
من الأقطاب

شكل (٢-٦)

الطريقة الثانية : المجال المغناطيسي يقطع الموصل :

وفـي هـذه الطريقـة يكـون الموصـل سـاكناً بينمـا يتحـرك المغنـاطيس (أى يكـون المجـال المغناطيسي متحركـاً) فتتولـد ق . د . ك فـي الموصـل تتسبب فـي حركـة المؤشـر وتـستخدم هـذه الطريقة في مولدات التيار المتغير .

الطريقة الثالثة : تغيير المجال المغناطيسي:

في هذه الطريقة يكون الموصل والمجال المغناطيسي ساكنين (غير متحركين) ولكن يتم تغيير المجال المغناطيسي عن طريق إمرار تيار متغير في أحد الملفين الساكنين وتستخدم هذه الطريقة في المحولات الكهربية .

قانون فاراداي الأول (نظرية المولد الكهربي)

ينص على أن القوة الدافعة الكهربية التي تتولد في موصل تتناسب طردياً مع معدل تغيير خطوط القوى المغناطيسية التي تقطع الموصل .

وهذا القانون هو الأساس في عمل مولدات التيار المستمر ومولدات التيار المتغير ويمكن تمثيله رياضياً كما يلي:

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

حيث e تمثل القوة الدافعة الكهربية (بالفولت) ، N عدد اللفات ، (ϕ) تمثل الفيض المغناطيسى (Flux) أو خطوط القوى المغناطيسية وتقاس بما يسمى الويبر (weber) ، t هو الزمن بالثانية.

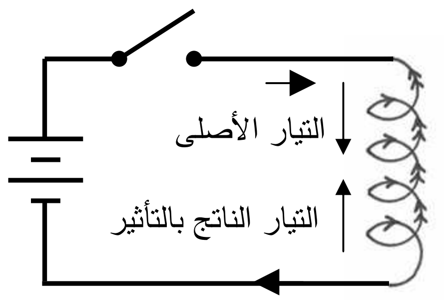
ملحوظة :

للتمييز بين القوة الدافعة الكهربية التي يمكن توليدها بالطرق الثلاثة السابق ذكرها فقد تم الاتفاق على تسمية القوة الدافعة الكهربية الناتجة عن حركة موصل في وجود مجال مغناطيسي ساكن بالقوة الدافعة الديناميكية . بينما تسمي القوة الدافعة الكهربية الناتجة من حركة المغناطيس في وجود موصل ساكن بالقوة الدافعة الاستاتيكية.

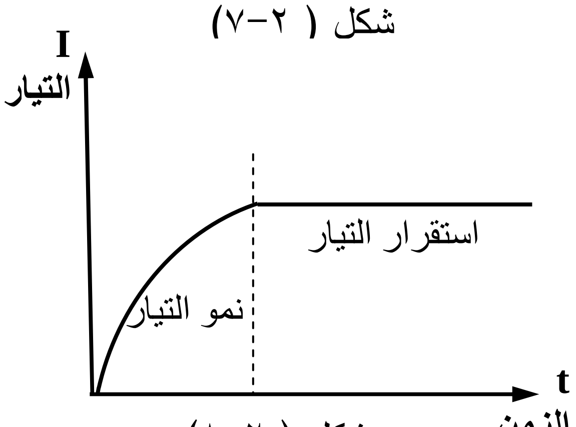
الحث الذاتي (التأثير الذاتي):

اذا مر تيار كهربي في ملف مثل المبين بشكل (٢-٧) فيبدأ مرورالتيار الكهربي المبين بالسهم ويعمل على زيادة الفيض المغناطيسي من الصفر الى القيمة الثابتة لتيار الدائرة .

ويعمل توصيل المفتاح على التغير في الفيض تنشأ عنه قوة دافعة كهربية بالتأثير التي تولد تياراً بالتأثير موضح بأسهم مزدوجة في عكس اتجاه التيار الأصلي وبذلك يعارض نمو التيار في الدائرة . ونتيجة لذلك نجد أن التيار في الدائرة يأخذ وقتاً من الزمن حتى يصل الى القيمة الثابتة له كما يتضح ذلك من الشكل (٢-٨)



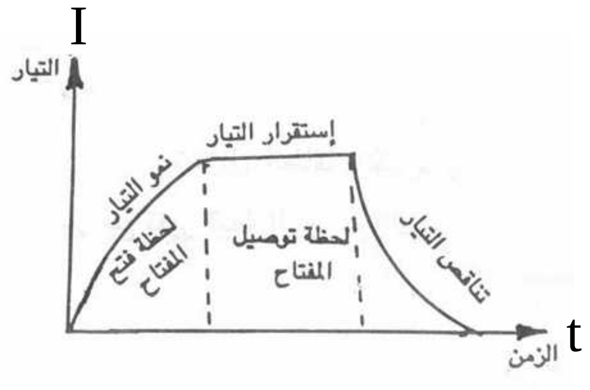
شكل (٢-٧)



شكل (٢-٨)

وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة التأثير الذاتي (الحث الذاتي) وهى توليد قوة دافعة كهربية بالتأثير في ملف نتيجة لتغير الفيض في نفس الملف .

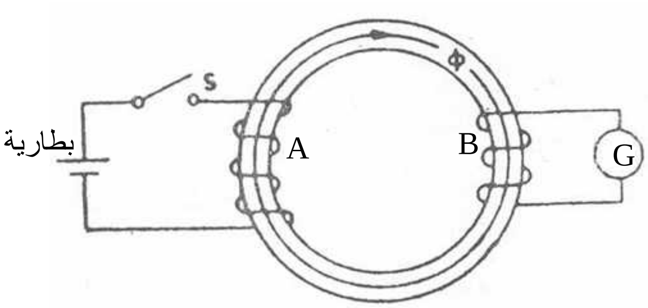
وإذا فصل المفتاح الموجود في الدائرة فإن التيار في الدائرة تقل قيمته إلى الصفر وبذلك يهبط الفيض المغناطيسي الذى يحيط الملف فيتولد ق . د . ك بالتأثير تولد تيارًا في نفس اتجاه التيار الأصلي كما في شكل (٢–٩) لذلك نجد أن التيار الموجود بالدائرة لا تنعدم قيمته مباشرة بل يأخذ وقتا يتناقص فيه حتى تصل قيمته الى الصفر.



شكل (٢-٩)

الحث المتبادل (التأثير المتبادل):

الشكل (٢–١٠) يوضح دائرتين على قلب حديدى ، دائرة A موصلة بمنبع تيار مستمر، دائرة B موصلة بجهاز جلفانومتر عند توصيل مفتاح الدائرة A نجد أن مؤشر الجلفانومتر في الدائرة B يتحرك نتيجة توليد ق . د . ك بالتأثير فيه لأنه عند توصيل المفتاح



شكل (٢–١٠)

في الدائرة A يتولد فيض مغناطيسي (ϕ) يقطع لفات الدائرة B وبما أن هذا الفيض قد تغير لحظة توصيل المفتاح . فإنه يولد ق . د . ك بالتأثير في الدائرة B تمرر تياراً في جهاز الجلفانومتر يحرك مؤشر الجلفانومتر وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة التأثير المتبادل (الحث المتبادل) وهى توليد قوة دافعة كهربية في ملف نتيجة تغير المجال المغناطيسي في ملف آخر.

ومن أشهر التطبيقات على ظاهرة التأثير الكهرومغناطيسي المتبادل هى المحولات الكهربية وسوف يتم شرحها في نهاية هذا الباب .

٢-١-٢ حساب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد عن موصل يحمل تيار (قانون بيوت سافارت) :

قانون بيوت سافارت :

يمكن استخدام قانون بيوت سافارت لحساب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة ما تبعد مسافة مقدارها (r) عن سلك طويل يحمل تيار كهربي شدته (I) كما يلي:

$$B=\frac{\mu I}{2\pi\ r}\ \text{.... Tesla (T)}$$

حيث B هى كثافة المجال المغناطيسي ووحداتها هى التسلا

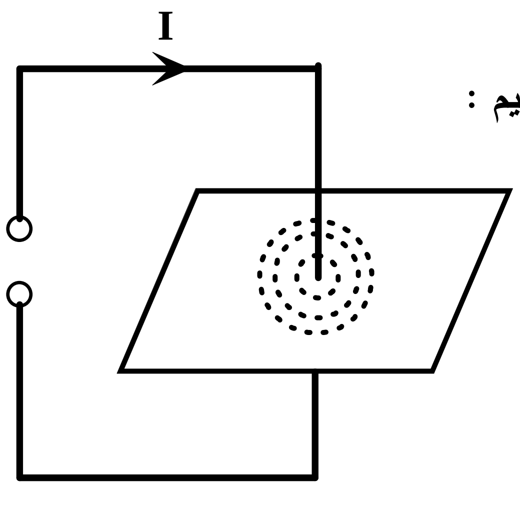
I هى شدة التيار المار في الموصل الطويل ووحداته هى الأمبير.

r هى السافة التي تبعدها النقطة عن الموصل مقاسه بالمتر .

٢-١-٣ المجال المغناطيس لتيار يمر في (موصل مستقيم – موصل دائرة – في ملف دائـرة – في ملف لولبي) :

*** المجال المغناطيسي لتيار يمر في موصل مستقيم :**

أ- نأخذ سلكاً معدنياً مستقيما ونجعله يخترق لوحة من الورق المقوى الموضوعة في وضع أفقي كما في شكل (٢-١١) ثم نصل طرفي السلك بدائرة كهربية .



شكل (٢-١١)

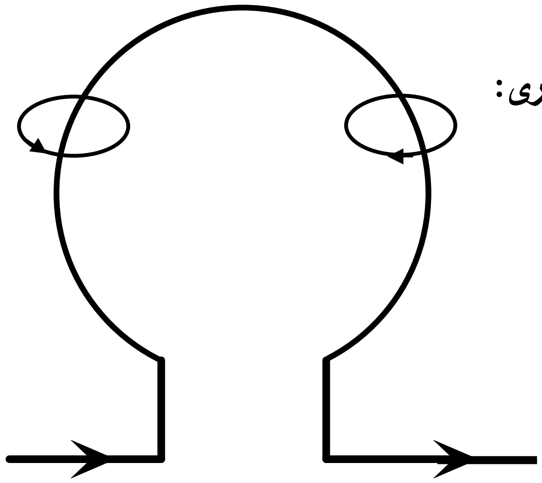
ب – ننشر على لوحة الورق برادة الحديد الناعمة بطريقة عشوائية ثم نمرر في السلك تيار كهربي مناسب.

جـ- نطرق على اللوحة الورق عدة طرقات خفيفة فنجد أن البرادة تترتب في شكل دوائر منتظمة ومتحدة المركز وينطبق مركزها على محور السلك ، ويكون مستوى هذه الدوائر عموديا على السلك كما في الشكل (٢-١١) .

ويمكن حساب كثافة المجال المغناطيسي (B)، وبالتالي شدته (H) عند اى نقطة تبعد عن هذا السلك بإستخدام قانون بيوت سافارت.

*** المجال المغناطيسي لتيار يمر في موصل دائرى:**

يمكن تطبيق قانون أمبير ولابلاس لتعيين القوة المغناطيسية التى تؤثر عند مركز موصل دائرى حيث يصبح طول السلك – في هذه الحالة – هو طول المحيط للموصل الدائرى .



شكل (٢-١٢ أ)

المجال المغناطيسى لتيار فى ملف دائرى

فكرة عن قانون امبير ولابلاس :

وهو يوضح أنه في حالة مرور تيار كهربي في موصلين متوازيين تتولد فيهما قوى مغناطيسي متبادلة، وتكون هذه القوى المغناطيسية قوى تجاذب إذا كان التياران الماران في الموصلين في نفس الاتجاه وتكون قوى تنافر عندما يكون التياران في اتجاهين مختلفين فإذا كانت المسافة بين الموصلين هى r وطول كل موصل L فإن القوة المغناطيسية بين الموصلين يمكن حسابها من قانون أمبير ولابلاس على النحو التالى كما بشكل (٢-١٢ أ) .

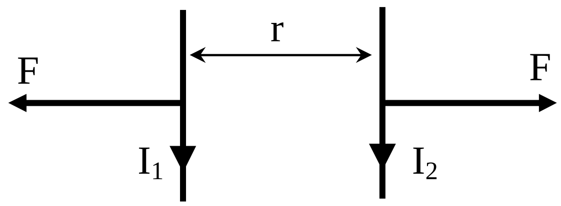
$$F = \frac{\mu_0 I_1 . I_2}{2 \pi r} . L$$

*** في حالة مرور التيار في موصل دائري:**

إذا كان نصف قطر الموصل الدائري r يصبح طول الموصل هو طول محيط الموصل الدائري ($2\pi \cdot r$)، وباعتبار أن I_1 هو I_2، وبالتعويض فى قانون أمبير ولابلاس

$$F = \mu_o I_2$$

والمجال يسير في حزمة داخل الموصل الدائري كما بشكل (٢-١٢- ب).



شكل (٢-١٢-ب)

*** المجال المغناطيسي لتيار يمر في ملف دائري**

الملف الدائرى أو الحلقي هو ملف من السلك المعزول ملفوف بإنتظام حول حلقة من مادة مغناطيسية عندما يمر تيار كهربى في الملف فإن القلب الحديدى يتمغنط وتكون شدة المجال المغناطيسي على محور الملف الحلقي كما يلي:

$$H = \frac{N}{L}$$

حيث L هو طول المسار المغناطيسي = محيط الحلقة المتوسطة وهو يساوى $2\pi \cdot r$

حيث r هى نصف القطر المتوسط للحلقة الدائرية .

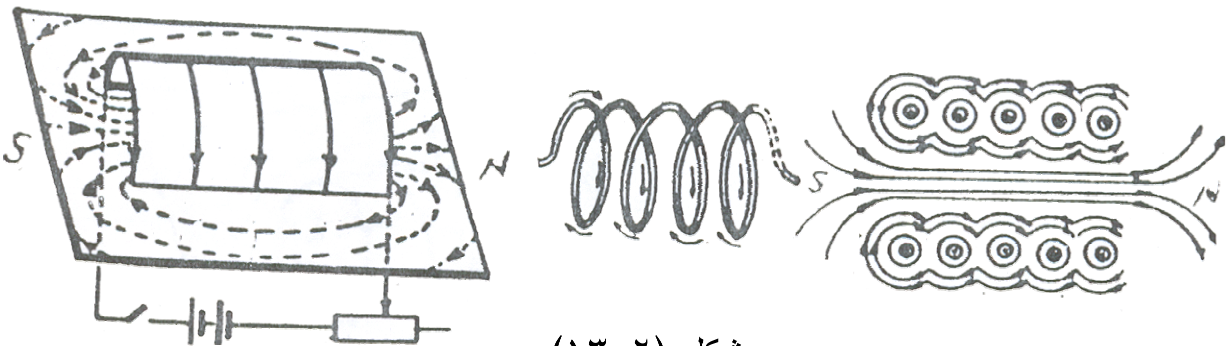
*** المجال المغناطيسي لتيار يمر في ملف لولبي :**

الملف اللولبي أو الحلزوني (Solenoide) هو ملف يتم عمله كما هو موضح بشكل (٢-١٣) بلفه حلزونياً حول نفسه ويتميز الملف اللولبي بأن المجال المغناطيسي الذى ينشأ نتيجة مرور تيار كهربي فيه يشبه المجال المغناطيسي لمغناطيس على شكل قضيب ويوضح شكل (٢-١٣)

خطوط القوى المغناطيسية للملف اللولبى الحلزوني :

يتميز الملف الحلزونى بأن مجاله المغناطيسي أقوى من المجالات المغناطيسية المتولدة في الانـواع الاخـرى للملفـات الكهربيـة إذا أمـرر فيهـا نفـس التيـار . ويمكـن حـساب شـدة المجـال المغناطيسي عند محور ملف لولبي طوله L متراً وعدد لفاته N لفة من :

$$H = \frac{NI}{L} \quad Ampere.Turn / meter$$



شكل (٢-١٣)

خطوط القوى المغناطيسية حول الملف الحلزونى

ويمكن تحديد إتجاه المجال المغناطيسى بإستخدام قاعدة اليد اليمني كالتالي (إمسك الملف الحلزونى باليد اليمنى بحيث تشير الأصابع إلى إتجاه التيار فى الملفات . يشير الابهام في هذا الوضع- إلى إتجاه القطب الشمالي للمجال المغناطيسي) .

يستخدم الملف الحلزونى في التطبيقات التي تتطلب مجالاً مغناطيسياً قوياً مثل المحولات الكهربائية وقواطع التيار والمتممات الكهربية والفرامل .

يجب أن نلاحظ أن المغناطيس الكهربي يتكون من ملف حلزونى ملفوف حول قلب من الحديد أو الصلب ، والمجال المغناطيسي لهذا المغناطيس تكون بالطبع أقوى من المجال المغناطيسي للملف اللولبي .

٢-١-٤ القوة الدافعة الكهربية المتولدة في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي:

وجد العالم الإنجليزى ميشيل فاراداى انه إذا تحرك موصل فى مجال مستقيم ثابت فإنه يتولد بين طرفى هذا الموصل قوة دافعة كهربية تتناسب طرديا مع كل من العوامل الآتية :

(أ) سرعة قطع الموصل V لخطوط المجال المغناطيسي .

(ب) طول الموصل L .

(جـ) كثافة المجال المغناطيسي B .

(د) جيب الزاوية θ المحصورة بين كل من كثافة المجال المغناطيسي واتجاه حركة الموصل.

$$e = B.L.V \ Sin\,\theta$$

حيث e = ق . د . ك الديناميكية المتولدة ووحدتها الفولت .

B = كثافة المجال المغناطييسي ووحدتها هى التسلا .

L = طول الموصل بالمتر .

ومن المعادلة $e = BLV \sin\theta$ نجد أنه إذا كانت حركة الموصل توازى اتجاه خطوط القوى المغناطيسية فإن ق . د . ك المتولدة تساوى صفراً . كذلك تكون قيمة هذه الـ(ق.د.ك) اكبر ما يمكن عندما تكون حركة الموصل عمودية على إتجاه المجال المغناطيسى وهى في هذه الحالة تعتمد على قيمة θ .

مثال : سلك مستقيم طوله المؤثر ٢٠ سنتيمتر وموضوع في مجال مغناطيسى منتظم كثافته ٠.٥ تسلا. أحسب القوة الدافعة الكهربية التي تتولد بين طرفي هذا السلك إذا كانت حركته بسرعة ٥متر/ث في الحالات الاتية :

أ- موازية للمجال المغناطيسي.

ب- عمودية على المجال المغناطيسي .

جـ- تميل بزاوية مقدارها ٣٠ ° على اتجاه المجال المغناطيسي .

الحل :

أ- اذا كان الموصل موازيا للمجال المغناطيسي

$$\therefore e = Zero$$

ب- إذا كان الموصل عمودي على المجال المغناطيسي

$$e = B.L.V \sin\theta$$

$$= 0.5\left(\frac{20}{100}\right)(5)\sin 90$$

$$= (0.5)(0.2)(5)(1) = 0.5\ voltes$$

جـ- إذا كان الموصل يميل بزاوية مقدارها ٣٠ ° على اتجاه المجال المغناطيسي.

$$e = B.\ L.\ V \sin\theta$$

$$= (0.5)(0.2)(5)\sin 30^\circ$$

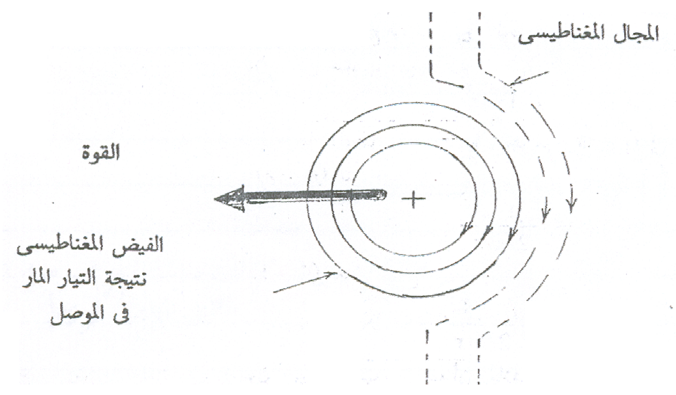
$$= (0.5)(0.2)(5)(0.5)$$

$$= 0.25 Voltes$$

٢-١-٥ القوة الميكانيكية الناشئة عن مرور تيار في موصل موجود في حيز مغناطيسي:

يوضح شكل (٢-١٤) موصلاً يحمل تياراً كهربائياً في اتجاه داخل إلى صفحة هذا الكتاب ويقع هذا الموصل في مجال مغناطيسي كثافته B وإتجاهه من أعلى إلى أسفل .

التيار I الذى يمر في الموصل ينتج فيضاً مغناطيسياً وتكون خطوط الفيض عبارة عن دوائر مركزها هو الموصل وفي اتجاه عقارب الساعة كما هو موضح بالشكل .



شكل (٢-١٤) القوة المؤثرة على موصل يحمل تياراً كهربياً

نلاحظ أن المجال المغناطيسي المتولد من التيار يساعد المجال الخارجي في المنطقة المحيطة بالجانب الأيمن للموصل بينما يقاومه في المنطقة المحيطة بالجانب الأيسر . وتكون النتيجة النهائية هو تولد قوة F تدفع الموصل ناحية اليسار كما هو موضح بشكل (٢-١٤)

ودائما يكون اتجاه القوة عمودياً على كل من الموصل والمجال المغناطيسي المؤثر ، ويمكن حساب قيمتها كما يلي :

$$F = B \cdot L \cdot I \quad ..... \ N$$

فإذا كانت وحدات B هى التسلا ، ووحدات التيار هى الأمبير ، ووحدات الطول هى المتر ، تكون وحدات القوة هى النيوتن N .

إذا لم يكن الموصل متعامداً مع اتجاه المجال المغناطيسي الخارجي وكان يصنع معه زاوية مقدارها θ فإن القوة الناشئة في هذه الحالة تصبح :

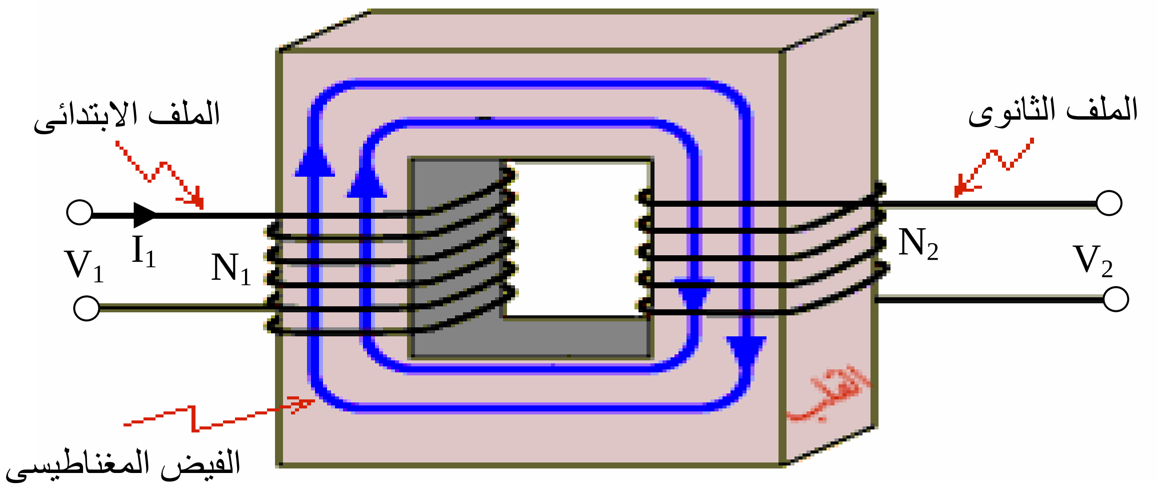
$$F = B \cdot L \cdot I \ \sin\theta$$

٢-٢ المحولات الكهربية " فكرة مبسطة "

المحول الكهربي عبارة عن جهاز كهرومغناطيسى يستخدم لرفع الجهد الى جهد أعلى أو خفض الجهد إلى جهد أقل . ويستخدم في الدوائر الالكترونية وكذلك تستخدم محولات كهربية بقدرات كبيرة جداً وجهوداً عالية أو فائقة في نقل وتوزيع القدرة الكهربية .

نظرية عمل المحول :

المحول الكهربي عبارة عن جهاز يعمل بنظرية الحث المتبادل بين ملفين " أو أكثر " مشتركين في دائرة مغناطيسية واحدة كما في شكل (٢-١٥) .



شكل (٢-١٥)

عند توصيل الملف الأول (ويسمى الملف الابتدائي) بمصدر كهربي متردد جهده V_1 فإن ذلك يسبب مرور تيار متردد (I_1) في لفات الملف الابتدائي . وينشأ عن ذلك فيض مغناطيسي متردد (Ø) في القلب الداخلي للملف الابتدائي طبقاً للمعادلة V_1 .

$$V_1 = -N_1 . \frac{\Delta \phi}{\Delta T} \ Volt$$

حيث N_1 عدد لفات الابتدائى ، ΔØ هى التغير في الفيض المغناطيسي Ø في زمن صغير جداً ΔT فيكون $\frac{\Delta \phi}{\Delta T}$ هى معدل التغير في الفيض المغناطيسي Ø بالنسبة للزمن T هذا الفيض المغناطيسي يمر في نفس الوقت في القلب الداخلي للملف الآخر (ويسمى الملف الثانوى) ويتسبب في انتاج قوة دافعة كهربية بين طرفيه V_2 طبقا للمعادلة

$$V_2 = -N_2 \frac{\Delta \phi}{\Delta T} \ Volt$$

حيث N_2 هى عدد لفات الملف الثانوي. وبفرض أن كل الفيض المغناطيسي Ø المرتبط بالملف الابتدائي يرتبط أيضاً بالملف الثانوي، فإن معدل تغير الفيض المغناطيسي المرتبط بكليهما يكون له نفس القيمة وبالتالي فإن:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

بمعنى أنه إذا أردنا تخفيض جهد المصدر الكهربي الى النصف مثلاً فإننا نوصل المصدر الكهربي بالملف الابتدائي لمحول كهربي يكون عدد لفات ملفه الثانوى تساوى نص عدد لفات ملفه الابتدائي . وبالتالي فإن فرق الجهد بين طرفي ملفه الثانوى يساوى نصف فرق الجهد بين طرفي ملفه الابتدائي .

وهكذا يمكن خفض أو رفع الجهد بالقيمة المطلوبة بتغيير عدد لفات الملف الثانوى وذلك بإختيار المحول الكهربي المناسب ، بحيث تكون دائماً النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي وعدد لفات الملف الثانوى هى نفس النسبة بين جهد المصدر بالملف الابتدائي (الدخل) وفرق الجهد بين طرفي الملف الثانوي (الخرج) وتسمي هذه العلاقة بنسبة التحويل .

فإذا أخذنا في الاعتبار قانون بقاء الطاقة وحيث أن القدرة هى معدل استنفاد الطاقة فإن القوة المستفيدة من المصدر الكهربي " قدرة الدخل " يجب أن تساوى القدرة المستفيدة من خلال الملف الثانوني في الحمل المتصل بالملف الثانوي " قدرة الحمل " بالاضافة لقدر صغير جداً من القدرة يستنفذ كقدرة مفقودة في المحول الكهربي تظهر على شكل ارتفاع في درجة حرارة أجزائه ، كما أنه في بعض الحالات تكون هذه القدرة المستنفذه تساوى صفراً والمحول في هذه الحالة يسمى المحول المثالى وعموماً فإن قدرة الدخل = قدرة الحمل + القدرة المفقودة في المحول وحيث أن قدرة الدخل = $V_1\ I_1$ فولت . أمبير.

وحيث أن قدرة الحمل = $V_2\ I_2$ فولت أمبير.

فإذا اعتبرنا المحول مثالي وأهملنا القدرة المفقودة لصغرها فيكون:

$$V_1 I_1 = V_2 I_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

وتكون نسبة التحويل:

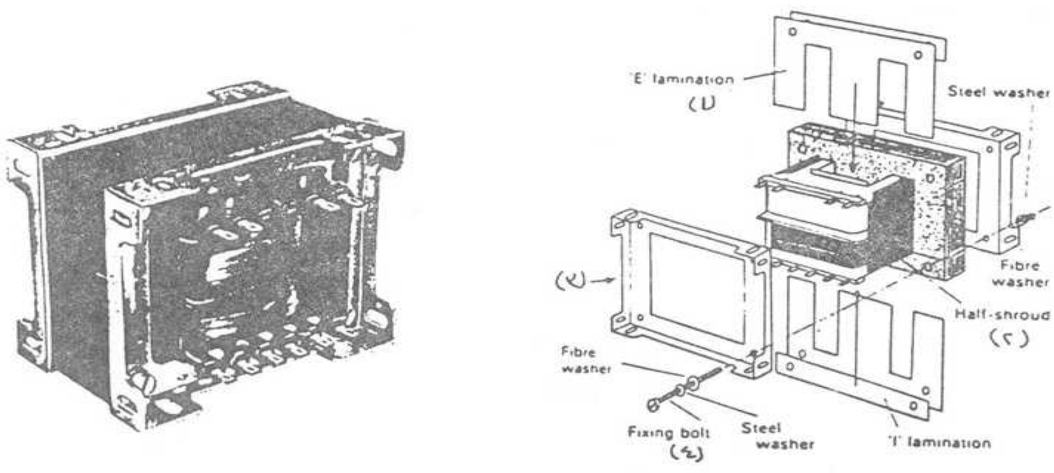
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

وعلى ذلك فإن النسبة بين عدد لفات الابتدائي وعدد لفات الثانونى لا تحدد فقط النسبة بين جهد المصدر وجهد الحمل ولكنها تحدد أيضاً النسبة بين التيار المار في الملف الثانوى والتيار المار في الملف الابتدائي .

تركيب المحول الكهربي :

يتكون المحول الكهربي في شكل (٢-١٦) من قلب حديدى (١) يتكون من شرائح من الصلب السليكونى الرقيقة المطلية بمادة عازلة لتقليل التيارات الاعصارية والمفاقيد المغناطيسية وتتكون شرائح الصاج من مجموعتين احداهما تأخذ شكل] أو E والآخرى تأخذ شكل I حتى يصل تجميعها حول بكرتين من الفبر (٢) فتكون إحدى الطبقات على شكل EI بينما الطبقة التالية على شكل (⫣) وتلف على أحد البكرتين لفات الملف الابتدائي وتلف على البكرة الأخرى لفات الملف الثانوى وكل من الملفين يتكون من سلك نحاس معزول بمادة عازلة مثل

الورنيش ملفوف على البكرة بالعدد المطلوب من اللفات وتثبت اطراف كل ملف على أحد جانبى البكرة الخاصة به حتى يسهل توصيلها بعد التجميع والقلب الحديدي يجمع شريحة بعد الأخرى في شكل متداخل كما وضحنا حتى يملأ الحيز الداخلي للبكرتين ، ثم يستكمل البكرتيين بقطع من الفبر ويغلف القلب الحديدى بهيكل معدنى خارجي (٣) مثبت بمسامير تمر عبر القلب الحديدى (٤) . وشكل (٢-١٦) يوضح تركيب المحول .



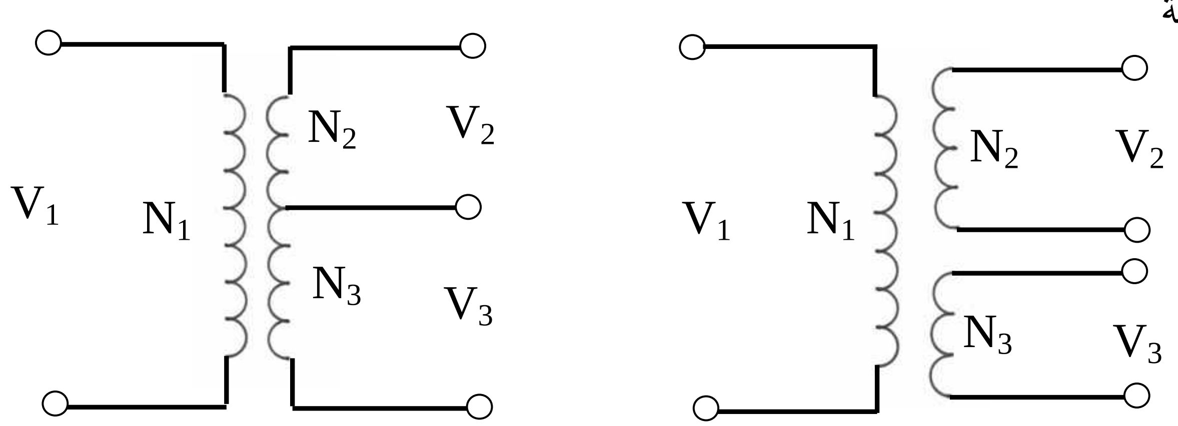
ب- التركيب الخارجى

ا - التركيب الداخلى

شكل (٢-١٦) تركيب المحول

المحولات متعددة اللفات :

قد تستلزم بعض الاستخدامات أن تلف المحولات بملف ثانوى مقسم الى ملفين أو أكثر شكل (٢-١٧ - أ ، ب) وذلك عندما تدعو الحاجة الى الحصول على جهود وتيارات خرج مختلفة



شكل (٢-١٧- أ ، ب)

وتكون القدرة للدخل = قدرة الخرج الأول + قدرة الخرج الثاني

$$P_{in} = P_{aut1} + P_{out2}$$

$$I_1 V_1 = I_2 V_2 + I_3 V_3$$

استخدامات المحولات في الترددات المختلفة :

تصنف المحولات المستخدمة في الدوائر الالكترونية من حيث التركيب إلى نوعين هما:

١- المحولات ذات القلوب المغناطيسية :

وهى محولات ذات قلوب (حديدية – فيريتات) وهى تنقسم من حيث الاستخدام في الدائرة الالكترونية إلى :

أ) المحولات التي تستخدم كمصدر للقدرة الكهربية :

حيث يكون ترددها مساوياً لتردد الشبكة الكهربية وتصل قدرتها الى حوالى ١٠٠٠ فولت.أمبير وقد يحتوى الملف الثانوى على أكثر من ملفين أو ذات نقط تفريع متعددة الجهود.

ب) محولات التردد السمعي :

هى محولات صغيرة القدرة مصممة لتعمل على الترددات من (١٥-٢٠ كيلو هرتز) حيث تستخدم في الموائمة بين المكبرات وفي دوائر التغذية المرتدة .

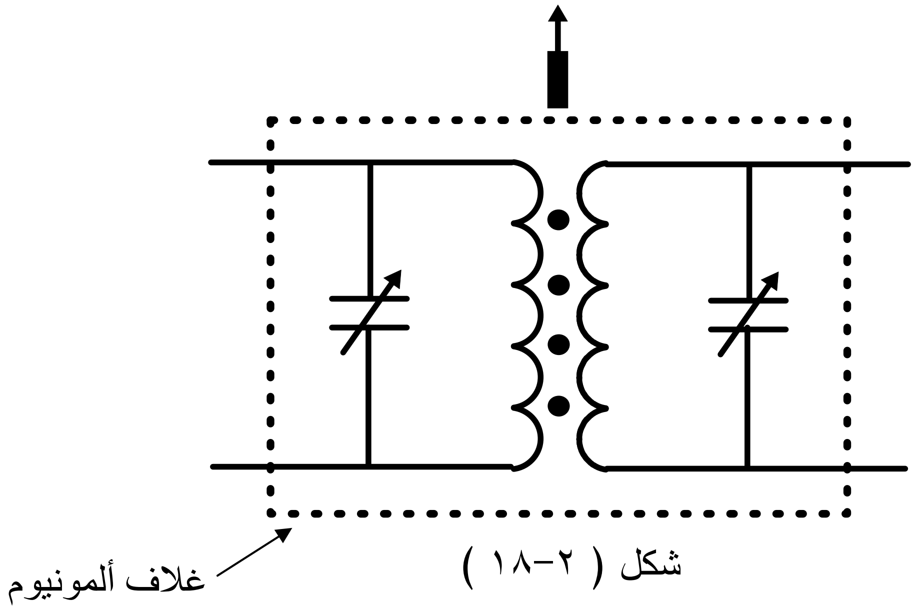
جـ) محولات التردد المتوسط :

تستخدم فى مكبرات التردد المتوسط لأجهزة الإستقبال (الراديو) ويكون قلب هذه المحولات من الفرايت .

ويتركب المحول من ملفين متصل كل منهما بالتوازى بمكثف بغلاف من الألومنيوم كحجاب واقى من المجالات المغناطيسية .

ويمكن أن يتم ضبط التردد المتوسط بجعل القلب متحرك أو المكثفات متغيرة السعة .

والشكل (٢- ١٨) يبين تركيب المحول وكيفية ضبط التردد بتحريك القلب .

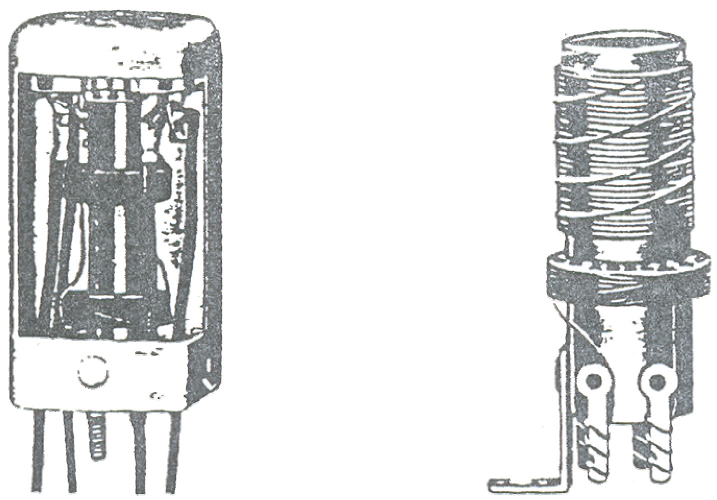


شكل (٢-١٨)

د) المحولات ذات القلب الهوائي :

شكل (٢-١٩) يبين محولات القلب الهوائى حيث يلف هذا النوع من المحولات حول دليل تشكيل من مادة عازلة (غير مغناطيسية) ويستخدم هذا النوع فى الدوائر الالكترونية ذات الترددات الفائقة .

ملحوظة : تستخدم المحولات ذات القلب الهوائي في ترددات اللاسلكي وذلك لانعدام المفاقيد التي تحدث من التيارات الاعصارية التي تتولد في القلوب الحديدية مما يسبب تلف العزل وحرق المحول



شكل (٢ -١٩)

المحولات ذات القلب الهوائى

تذكر (التأثيرات المختلفة للتيار الكهربي)

- حركة الالكترونات خلال الموصل يتسبب عنها سريان تيار كهربي وتجعل كل الالكترونات تدور حول النواه في اتجاه واحد مما يجعل المجالات المغناطيسية المتولدة في اتجاه واحد لها مجال قوى .
- إذا مر تيار كهربي في موصل ينشأ عنه مجال مغناطيسي من دوران الالكترون حول النواه فى دوائر مغلقة .
- يعتمد اتجاه المجال المغناطيسي حول الموصل على اتجاه مرور التيار الكهربي .
- يمكن تعيين اتجاه المجال حول موصل مار به تيار بتطبيق قاعدة اليد اليمنى .
- تزداد كثافة المجال المغناطيسي كلما اقترينا من الموصل .
- يتغير اتجاه خطوط المجال المغناطيسى بتغيير إتجاه سريان التيار الكهربي .
- إذا قطع مجال مغناطيسيى متغير مع الزمن موصل تولد في هذا الموصل ق.د.ك .
- من قانون فاراداي للمولد الكهربي أنه اذا قطع موصل ساحة مغناطيسية فإنه تستنتج بالموصل ق . د . ك وتكون قيمتها اكبر ما يمكن عندما تكون زاوية القطع ٩٠ ° .
- لتوليد ق . د . ك لابد من توافر (موصل – مجال مغناطيسى – حركة نسبية بينهم)
- القوة الدافعة الكهربية الناتجة عن حركة موصل في مجال مغناطيسي ساكن تسمى قوة دافعة ديناميكية .
- القوة الدافعة الكهربية الناتجة عن حركة المجال المغناطيسي مع وجود موصل ساكن تسمى قوة دافعة استاتيكية .
- الحث الذاتي هو توليد قوة دافعة كهربية بالتأثير في ملف نتيجة لتغير الفيض في نفس الملف .
- الحث المتبادل هو توليد قوة دافعة كهربية في ملف نتيجة تغير المجال في ملف آخر مجاور له

- لحساب شدة المجال المغناطيسي عند نقطة تبعد عن موصل يمر به تيار من قانون بيوت سافارت .

$$B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi \cdot r}$$

B كثافة المجال ، I شدة التيار ، r بعد النقطة عن الموصل .

- إذا مر تيار فى ملف حول قلب حديدى فإن القلب الحديدى يتمغنط .
- يستخدم الملف الحلزونى في التطبيقات التي تتطلب مجالاً مغناطيسياً قويا مثل المحولات الكهربية وقواطع التيار .
- المغناطيس الكهربي يتكون من ملف حلزونى ملفوف حول قلب من الحديد أو الصلب
- اذا قطع موصل مجال مغناطيسى وهو متعامد عليه نحصل على أقصى ق. د. ك مستنتجة .
- إذا كان الموصل موازيا للمجال مغناطيسى فإن القوة الدافعة الكهربية المستنتجة تساوى صفراً .
- اذا مر تيار في موصل موجود داخل ساحة مغناطيسية تنشأ على الموصل قوة تدفع الموصل ناحية اليسار او ناحية اليمين على حسب اتجاه التيار في الموصل.
- المحول الكهربي جهاز كهرومغناطيسي يستخدم لرفع او لخفض الجهد ويعمل بالتيار المتغير

أسئلة على الباب الثاني

١-ما هى العوامل التي يتوقف عليها القوة الدافعة الكهربية المتولدة في موصل يتحرك في مجال مغناطيسى ساكن ؟

٢- أذكر مع الشرح القانون الأول لفاراداي .

٣- استنتج قانون القوة الدافعة الديناميكية .

٤- وضح الفرق بين القوة الدافعة الديناميكية والقوة الدافعة الاستاتيكية .

٥- ما هى العوامل التي تتوقف عليها القوة الدافعة الكهربية الاستاتيكية ؟

٦- ضع خطاً تحت الاجابة الصحيحة في كل مما يأتي :

أ- يمكن توليد قوة دافعة كهربية في موصل ساكن عن طريق

١- تغيير المجال المغناطيسي .

٢- تواجد شحنات موجبه وشحنات سالبة .

٣- مجال مغناطيسي ثابت .

ب- اذا تحرك سلك من النحاس في مجال مغناطيسي

١- يتولد تيار كهربي في السلك .

٢- تتولد قوة دافعة كهربية فى السلك .

٣- يصبح السلك ممغنطاً .

جـ- تتوقف القوة الدافعة الكهربية الاستاتيكية على

١-عدد خطوط القوى المغناطيسية .

٢- معدل قطع خطوط القوى المغناطيسية .

٣- مقاومة الموصل الكهربي .

د – يعتبر الجهد الكهربي

١- صورة من صور طاقة الحركة .

٢- صورة من صور طاقة الدفع .

٣- شيئ آخر .

هـ- لا تعتمد قيمة القوة الدافعة الكهربية الديناميكية على

١- طول الموصل .

٢- سرعة الموصل .

٣- نصف قطر الموصل

٧- لماذ يعتبر الجهد الكهربي صورة من صورة طاقة الوضع ؟

٨- يوجد قضيب من النحاس طوله ١.٥ متر فوق سيارة تسير بسرعة ٦٠ كيلو متر/ساعة أوجد قيمة القوة الدافعة الكهربية التي تتولد في القضيب إذا كانت كثافة المركبة الرأسية للمجال المغناطيسي للكرة الأرضية ٠.٠٠٣ ميللي وبر / متر مربع .

٩- تتولد قوة دافعة كهربية في موصل ساكن عن طريق

١- تغيير المجال المغناطيسى .

٢- شحنات موجبة وشحنات سالبة .

٣- تثبيت قيمة المجال المغناطيسي .

١٠- وضع موصل عمودياً على مجال مغناطيسي . التيار المار فى الموصل شدته ٥ أمبير وطول الموصل ١٢ سم . فإذا كانت كثافة المجال المغناطيسى ١.٥تسلا فإحسب القوة التي تؤثر على الموصل .

١١- سلك مستقيم طوله ١٠٠سم ويحمل تياراً مقداره ٥٠ أمبير ويقع عمودياً على مجال مغناطيسي كثافته واحد تسلا . إحسب القوة التي تؤثر على السلك .

١٢- يحتوى أحد الملفات على ٣٠٠٠ لفة ويحمل تياراً ٠.١ أمبير . طول الدائرة المغناطيسية ١٥ سم ومساحة مقطع الملف ٤سم٢ . احسب ما يلي علماً بأن الملف ذو قلب هوائى .

أ- شدة المجال المغناطيسي .

ب- كثاقة المجال المغناطيسي .

جـ- الفيض المغناطيسي .

١٣- يتحرك سلك بسرعة ٤٠متر/ثانية في مجال مغناطيسي كثافته ١.٥ ويبر/متر مربع . وإذا كان طول السلك ٥٠ سم فإحسب القوة الدافعة الكهربية التي تتولد بين طرف السلك في الحالات الآتية :

أ- السلك يميل ٣٠ ° على اتجاه المجال المغناطيسي .

ب- عمودى على إتجاه المجال المغناطيسي .

جـ- موازياً لإتجاه المجال المغناطيسي .

١٤- سلك مستقيم طوله ٨٠ سم يحمل تيارا ٢٠ أمبير وموضوع في مجال مغناطيسي كثافته ١٢٠٠٠ جاوس . أوجد القوة المؤثرة على السلك اذا كان المجال المغناطيسي عمودياً عليه.

١٥- ملف لولبى طوله ١٠٠ سم وقطره واحد سنتيمتر . لف بسلك معزول بعدد من الملفات قدرها ٦٠٠ لفه . احسب شدة المجال المغناطيسي عند مركز الملف عندما يحمل تياراً مقداره ٢أمبير .

١٦- محول كهربي جهد الملف الابتدائي ٢٠٠ فولت وعدد لفات الملف الابتدائي ٨٠٠ لفة وعدد لفات الملف الثانوى ٢٠٠ لفة والملف الثانوي يغذى حملاً قدره ٥ أمبير احسب :

١- جهد الملف الثانوى .

٢- شدة تيار الملف الابتدائي .

الباب الثالث

نظريات الدوائر الكهربية

٣-١ قانونا كيرشوف – أمثلة وتطبيقات على قانونى كيرشوف

٣-٢ نظرية ثفنن – أمثلة وتطبيقات على نظرية ثفنن

الباب الثالث : نظريات الدوائر الكهربية

عناصر الدائرة الكهربية :

تتكون الدائرة الكهربية في أبسط صورها من العناصر الآتية :

أ- مصدر القدرة الكهربية .

ب- الموصلات الكهربية .

جـ- الأحمال الكهربية .

وسنتناول – فيما يلي – شرح كل عنصر من العناصر السابقة بشيء من التفصيل.

*** مصدر القدرة الكهربية :**

هذا العنصر يسمى بالعنصر الفعال (Active Element) في الدائرة الكهربية ، وهو مصدر انتاج (أو إمداد الدائرة الكهربية) بالطاقة الكهربية . وهذه الطاقة تظهر عادة على شكل فرق جهد يبين طرفى خرج المصدر وهذا الفرق في الجهد يسمى بالقوة الدافعة الكهربية والتي تقاس بالفولت . ويسمى المصدر في هذه الحالة بمصدر الجهد الكهربي(Voltage Source) وتحدد قطبية طرفي المصدر عن طريق اتجاه التيار في الدائرة .

ولإمرار التيار في الدائرة الكهربية يجب أن يكتمل المسار من الطرف السالب إلى الطرف الموجب لمصدر القدرة الكهربية . وإذا لم يكتمل هذا المسار فلا يمر تيار في الدائرة وتسمى في هذه الحالة بالدائرة المفتوحة Open Circuit ومن هنا يمكن تعريف الدائرة المفتوحة بأنها الدائرة الكهربية التي لا يمر بها تيار . وبالتالي تكون الدائرة المغلقة

(Closed Circuit) هى الدائرة التي يمر بها تيار كهربي .

*** الموصلات الكهربية :**

الموصلات الكهربية (Electric Conductors) هى التى تربط بين مصدر القدرة الكهربية والاحمال ، و هى بذلك يجب ان تكون مصنوعه من مادة جيدة التوصيل للكهرباء مثل النحاس او الالمونيوم . و هما اكثر استعمالاً من اى مادة أخرى بالرغم من أنهما ليسا أحسن الموصلات الكهربية . تعتبر الفضة هى أفضل المواد الموصلة للكهربية حيث أن مقاومتها النوعية هى الأقل .

ويتم تصنيع المواد الموصلة – في معظم الأحيان – على هيئة اسلاك (Wires) أو قضبان (Bars) أو أنابيب (Tubes) .

والأسلاك يمكن إستخدامها إما سلكا واحداً (مفرداً) أو مجموعة من الأسلاك الملفوفه حول بعضها لزيادة المرونة والقوة الميكانيكية ويمكن أن تكون عارية (كما في خطوط نقل القدرة الكهربية) أو تكون معزولة بواسطة طبقة مصنوعة من مادة عازلة (كما في الكابلات)

الموصلات التي تكون على هيئة أنابيب عبارة عن اسطوانات مفرغة ومصنوعه من مادة جيدة التوصيل للكهرباء ، وهى التي تستخدم في أجهزة الإرسال لدوائر الترددات العالية.

القضبان عادة ما تكون موصلات ذات سمك كبير وتستخدم لحمل تيارات كبيرة تصل الى مئات الأمبيرات في محطات توليد الطاقة الكهربية . أما القضبان ذات السمك الصغير(على شكل مربع طول ضلعه ٢ ميللميتر) فتستخدم في الدوائر الإلكترونية .

*** الأحمال الكهربية :**

الاحمال الكهربية (Electric Loads) هى المعدات والأجهزة التي تستهلك الطاقة الكهربية .

يمكن تمثيل الحمل الكهربي إما بالمقاومة أو بالحث الذاتي أو بالسعة الكهربية . تعتبر الأحمال الكهربية هى العناصر الغير فعالة (Passive Elements) في الدوائر الكهربية . يجب أن نلاحظ أن تعريف الحمل الكهربي المذكور سابقاً هو في أبسط صورة .

إذ أن مفهوم الأحمال الكهربية في حالة الدوائر الكهربية الكبيرة (أى الشبكات الكهربية مثلاً) يكون أوسع من ذلك حيث يشتمل على الأحمال الصناعية (مثل المصانع والورش الكبيرة) . وأحمال النقل (مثل و سائل النقل التي تسير بالطاقة الكهربية) والأحمال المنزلية.

٣-١ قانونا كيرشوف :

تمكن عالم الطبيعة الالماني جوستاف كيرشوف من وضع قانونين يعرفان بقانوني كيرشوف . ويعتبر هذان القانونان الأساس لتحليل ودراسة الدوائر الكهربية.

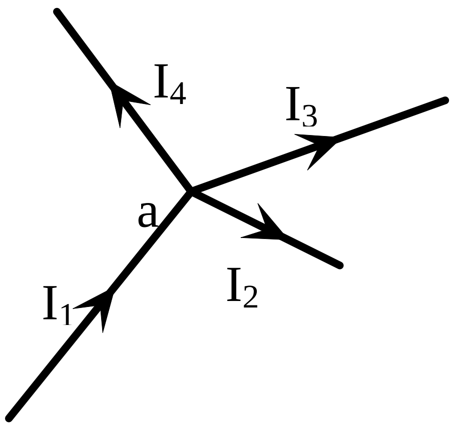
قانون كيرشوف الأول :

يعرف هذا القانون – أيضاً – بقانون كيرشوف للتيار – وينص على الآتي :

" عند أى لحظة يكون مجموع التيارات الداخلة إلى أى نقطة إتصال في دائرة كهربية تساوى مجموع التيارات الخارجة منها " .

فمثلاً في جزء الدائرة الكهربية المرسوم في شكل (٣-١) نجد أنه بتطبيق قانون كيرشوف الأول للتيار عند نقطة الاتصال a نحصل على :

$$I_1=I_2+I_3+I_4$$



شكل (٣-١) قانون كيرشوف للتيار

يجب أن نلاحظ أن قانون كيرشوف الأول هو أحد تطبيقات قاعدة بقاء الطاقة فمن المعروف أن الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولا تأتي من العدم . وتفسير ذلك هو أنه لا يمكن حدوث تجمع للشحنات الكهربية عند أى نقطة إتصال في الدوائر الكهربية ، فأى شحنة داخلة لهذه النقطة يجب أن يقابلها شحنة أخرى تخرج من نفس النقطة .

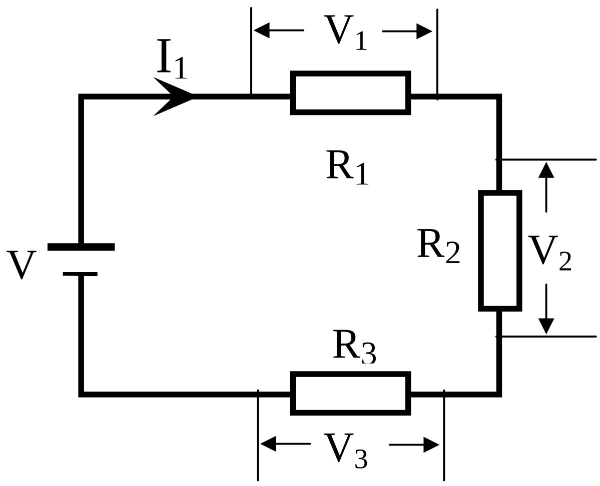
قانون كيرشوف الثاني :

يعرف قانون كيرشوف الثاني – أيضاً – بقانون كيرشوف للجهد الكهربي وهو ينص على الآتي :

" عند أى لحظة يكون المجموع الجبري للقوى الدافعة الكهربية في أى دائرة كهربية مغلقة مساوياً للمجموع الجبرى لفروق الجهد بين أطراف المقاومات في هذه الدائرة المغلقة " .

فمثلاً في الدائرة الكهربية المغلقة الموجودة في شكل (٣-٢) نجد أنه بتطبيق قانون كيرشوف الثاني نحصل على:

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$



شكل (٣-٢)

حيث: V هى القوة الدافعة الكهربية للبطارية

$V_1=I.R_1$, $V_2=I.R_2$, $V_3=I.R_3$

I هو التيار المار فى الدائرة المغلقة

يجب أن نلاحظ أيضاً أن قانون كيرشوف الثاني هو أحد تطبيقات قاعدة بقاء الطاقة. ويمكن تفسير ذلك كما يلي :

إذا كانت W تمثل الطاقة الكهربية التي تعطيها البطارية ، W_1 هى الطاقة التى تستهلكها المقاومة R_1 ، W_2 هى الطاقة الكهربية التى تستهلكها المقاومة R_2 ، W_3 هى الطاقة التي تستهلكها المقاومة R_3 في نفس الفترة الزمنية فيمكن أن نقول

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

وإذا كانت الشحنة الكهربية التي تنساب في الدائرة المغلقة الموضحة بشكل (٣-٢) في نفس الفترة الزمنية هي Q فإننا نحصل على

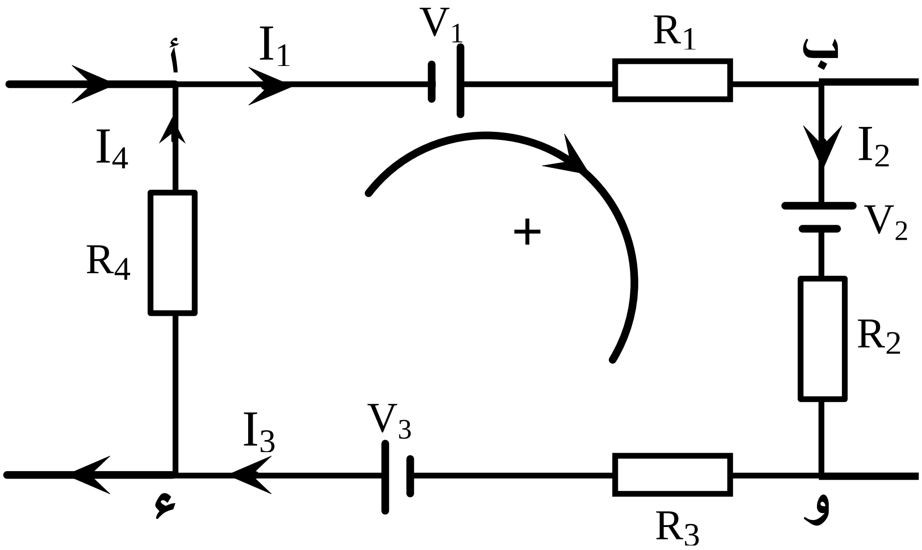
$$\frac{W}{Q} = \frac{W_1}{Q_1} + \frac{W_2}{Q_2} + \frac{W_3}{Q_3}$$

بما أن الشغل المبذول (الطاقة) لكل وحدة شحنة كهربية تمثل الجهد الكهربي تصبح المعادلة السابقة كما يلي :

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

وهى نفس قانون كيرشوف للجهد الكهربي ويطبق هذا القانون على أى جزء من الدائرة الكهربية المغلقة .

ففي بعض الدوائر الكبيرة المعقدة والتي لها اكثر من منبع واحد للقوة الدافعة الكهربية للتغذية كما هو واضح في شكل (٣-٣)



شكل (٣-٣)

فإننا نتبع الآتي :

نفرض أن الاتجاه الموجب للتيارات هو اتجاه عقارب الساعة مثلاً وهذا أمراً اختيارياً يجب تحديده – نحدد إتجاه التيارات فى الأفرع للدائرة تبعاً للفرض السابق.

ويتضح لنا من الشكل (٣-٣) أن التيار يسري من النقطة أ إلى النقطة ب في الفرع (أب) أى من النقطة الأعلي جهداً الى النقطة الأقل جهداً ويحدث هبوطاً في الجهد خلال النقطتين لذلك نجد أن في الجزء (أ ب)

جهد أ + $I_1 R_1 - V_1$ = جهد ب (١)

ونجد في الجزء (ب و)

جهد ب− $I_2 R_2 - V_2$ = جهد و (٢)

ونجد في جزء (و ء)

جهد و − $V_3 + I_3 - R_3$ = جهد ء (٣)

ونجد في جزء (ء أ)

جهد ء − $I_4 R_4$ = جهد أ (٤)

وبجمع المعادلات ١، ٢، ٣، ٤ نجد أن:

$$I_4 R_4 + I_3 R_3 + I_2 R_2 + I_1 R_1 = V_3 + V_2 + V_1$$

وهذا يدل على أن مجموع (ق . د . ك) الجبرى = مجموع (I . R)

∴المجموع الجبرى للقوى الدافعة الكهربية في أى دائرة كهربية مقفلة يساوى المجموع الجبري لهبوط الجهد في نفس الدائرة مأخوذة في اتجاه دورى واحد أى أن في أى دائرة مغلقة يكون المجموع الجبرى للقوى الدافعة الكهربية ومجموع الجهود المفقودة بالدائرة يساوى صفر .

وعند تطبيق قانون كيرشوف الثاني يؤخذ في الاعتبار القواعد التالية :

١- تكتب إشارة القوة الدافعة الكهربائية (+) موجبه اذا كان التيار يمر في اتجاه عقارب الساعة (وهو اتجاه التيار المفروض) .

٢- تكتب إشارة القوة الدافعة الكهربية سالبة (−) اذا كان إتجاه مرور التيار فى إتجاه عكس عقارب الساعة (وهو عكس اتجاه التيار المفروض) .

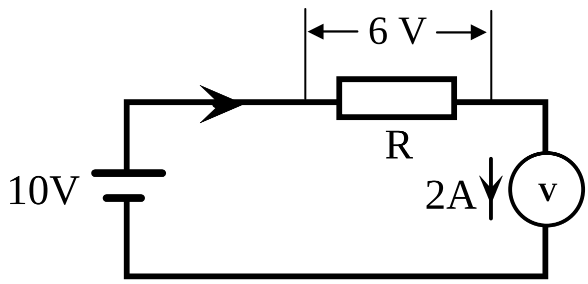
٣ – تكتب إشارة الجهد المفقود فى المقاومات (−) سالبة إذا كان التيار المار بها هو نفس اتجاه التيار المفروض للدائرة المغلقة ، واشارة (+) إذا كان التيار المار بها عكس اتجاه التيار المفروض .

مثال (١) : في الدائرة الموضحة بالشكل (٣-٤)

المطلوب إيجاد :

١- شدة التيار ٢- قراءة الجهد V

٣- قيمة المقاومة R



شكل (٣-٤)

الحل :

من قانون كيرشوف الأول التيار لم يتفرع وبالتالي التيار ثابت = 2A

$I = 2\ A$

بتطبيق قانون كيرشوف الثاني:

$- e\,m\,f + I\,R + V = 0$

$-10 + 6 + v = 0.$

$V = 4$ Volts.

حيث أن التيار ثابت = 2A وفرق الجهد عند طرفي المقاومة (R) يساوى 6 volt

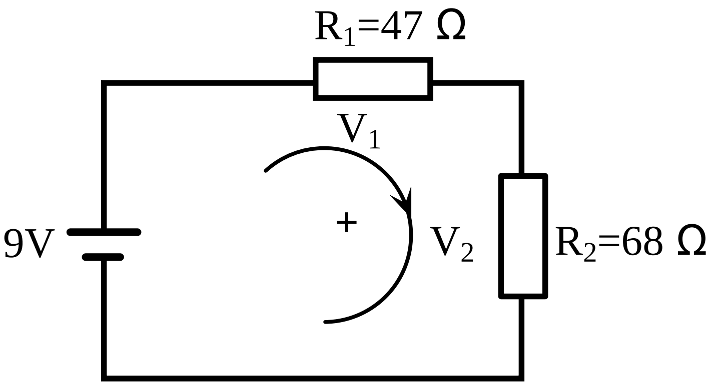
$$R = \frac{V}{I} = \frac{6}{2} = 3\,\Omega$$

مثال (٢) في الدائرة بشكل (٣–٥)

أوجد : أ – شدة التيار

ب – فرق الجهد V_1

جـ– فرق الجهد V_2



شكل (٣–٥)

الحل :

الدائرة لم تتفرع ∴ التيار I ثابت

من قانون كيرشوف الثاني

$- e\,m\,f + I R_1 + IR_2 = 0$

$- 9 + I (R_1 + R_2) = 0$

$- 9 + I (47 + 68) = 0$

$$\therefore I = 0.783\,A$$

$$V_1 = IR_1 = 0.783 \times 47 = 3.68 \text{ volts.}$$

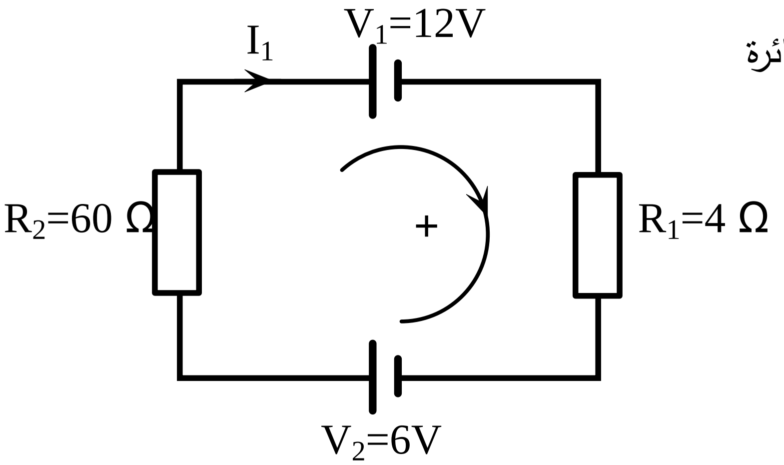
$$V_2 = I\,R_2 = 0.783 \times 68 = 5.32 \text{ volts.}$$

$$V_1 + V_2 = 3.68 + 5.32 = 9$$

تحقيق: $V = e \cdot m.f$

وهذا يتوافق عددياً مع قانون كيرشوف الثاني.

مثال (٣) : أوجد التيار المار في الدائرة الموضحة بشكل (٣-٦)



شكل (٣ – ٦)

الحل :

١- نبدأ بإختيار الاتجاه الموجب للتيار وليكن في اتجاه عقارب الساعة .

٢- نوزع التيار في أى دائرة مغلقة في الشبكة الكهربية ومن قانون كيروشوف الثاني .

$$-V_1 + V_2 = IR_1 + IR_2.$$

ويلاحظ أن V_1 وضعت بالسالب لأنها عكس الفرض الموجب

$$- 12 + 6 = I (4) + I (60)$$

$$- 6 = I (64)$$

$$\therefore I = \frac{-6}{64} = -0.094$$

وتدل اشارة (–) أن الاتجاه الفعلي للتيار مضاد للإتجاه الذى اخترناه .

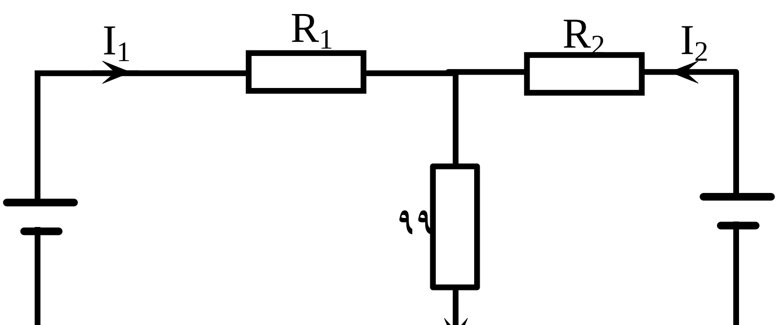
مثال ٤ :

فى الدائرة الكهربية الموضحة بشكل (٣-٧) احسب التيارات في الأفرع المختلفة اذا علمت الآتي:

V_2 = 6 volts. ، V_1 = 12 volts

قيم المقاومات الثلاثة هي:

$$R_1 = 2\Omega \qquad R_2 = 1\Omega \qquad R_3 = 1\Omega$$



V_1 R_3 V_2

I_3

شكل (٣-٧)

الحل :

نفرض التيارات الثلاثة I_1, I_2, I_3 في الأفرع الثلاثة في الاتجاهات الموضحة بالشكل.

بتطبيق قانون كيرشوف للجهد الكهربي على الدائرتين المغلقتين الموضحتين بالشكل نحصل على:

$$V_1 = I_1 R_1 + I_3 R_3 \qquad \ldots (1)$$

$$V_2 = I_2 R_2 + I_3 R_3 \qquad \ldots (2)$$

وبتطبيق قانون كيرشوف للتيار .

$$I_1 + I_2 = I_3$$

بمعلومية أن:

$$R_3 = 1\Omega, \qquad R_2 = 1\Omega, \qquad R_1 = 2\Omega, \qquad V_2 = 6V \qquad V_1 = 12V$$

بالتعويض في معادلة (١)

$12 = 2\ I_1 + I_1 + I_2$

$12 = 3\ I_1 + I_2 \ldots (3)$

بالتعويض في المعادلة (٢)

$6 = 1\ I_2 + 1\ I_3$

$6 = I_2 + I_1 + I_2$

$6 = 2I_2 + I_1$

$I_1 = 6 - 2I_2 \qquad (4)$

بالتعويض في المعادلة (١) من المعادلة (٤) بقيمة I_1

$12 = 3\ (6 - 2\ I_2) + I_2$

$\therefore I_2 = 1.2\ A$

بالتعويض في المعادلة (٢)

$I_1 = 6 - 2\ I_2$

$= 6 - 2\ (1.2)$

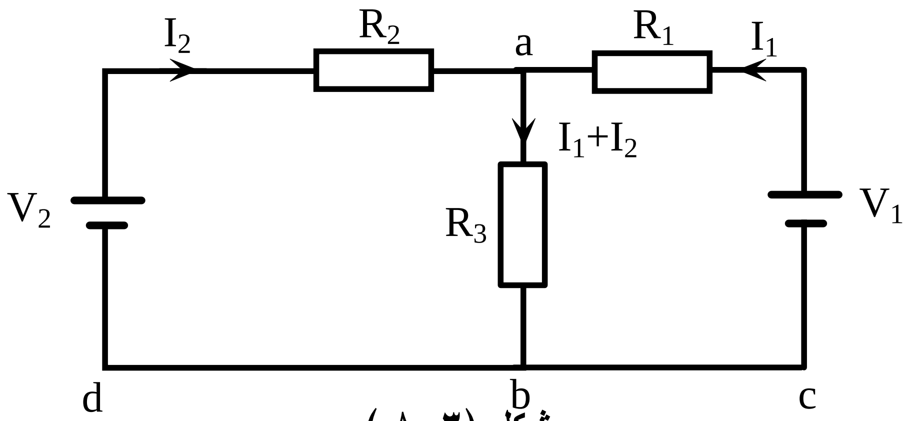
$= 3.6\ A$

$I_3 = I_1 + I_2$

$= 3.6 + 1.2 \qquad = 4.8\ A$

والمثال التالي يختصر هذا العدد الكبير من المعادلات والتعويض فيهما بأسلوب أكثر اختصاراً

مثال ٥ :



شكل (٣-٨)

فـى الـدائرة الموضـحة شـكل (٣-٨) إحـسب شـدة التيـارات الكهربيـة المـارة فـي المقاومـات الثلاث الموجود في الدائرة الكهربية الموضحة إذا علم أن:

$V_1 = 15$ volts. $\qquad V_2 = 30$ volts.

$R_1 = 3\Omega \qquad R_2 = 3\Omega \qquad R_3 = 6\Omega$

الحل :

نفرض أن I_1 , I_2 كما هو موضح بالشكل بحيث يكون كل منهما خارجان من القطب الموجب للبطارية التى تتبعه .

بتطبيق قانون كيرشوف للتيار عن نقطة الاتصال a نجد أن التيار المار في المقاومة R_3 يجب أن يكون خارجا من نقطة الاتصال وقيمته تساوى $I_1 + I_2$ كما هو موضح بالشكل .

نطبق قانون كيرشوف للجهد على الدائرة المغلقة abca فنجد أن:

$$I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3 = V_1$$

$$3I_1 + 6(I_1 + I_2) = 15$$

$$9I_1 + 6I_2 = 15 \qquad (1)$$

تطبق كذلك قانون كيرشوف الثاني على الدائرة الكهربية المغلقة (abda) فنحصل على:

$$I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = V_2$$

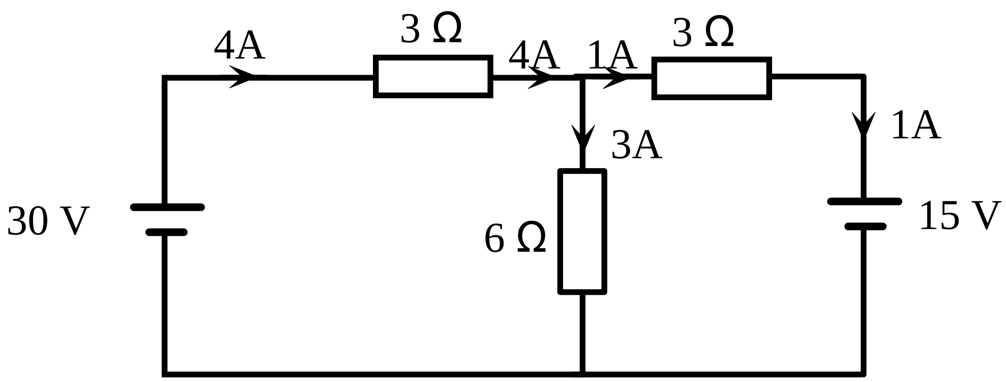
$$3I_2 + 6(I_1 + I_2) = 30 \qquad (2)$$

نحل المعادلتين (١) ، (٢) فنحصل على :

$$I_1 = -1 \; A$$

$$I_2 = 4 \quad A$$

وبذلك يكون إتجاه التيار المار في المقاومة R_1 هو عكس الاتجاه المبين بشكل (٣-٨) وقيمته واحد أمبير ، والتيار المار فى المقاومة R_2 هو نفس الاتجاه المبين بالشكل وقيمته ٤ أمبير ويكون اتجاه التيار المار فى المقاومة R_3 هو نفس الاتجاه المبين بالشكل وقيمته ٣ أمبير ويوضح شكل (٣-٩) حل هذه الدائرة وعليها القيم الصحيحة .



شكل (٣-٩)

ونلاحظ من الشكل (٣-٩) :

أ– تحقيق قانون كيرشوف للتيار عند النقطة a وهو أن

المجموع الجبرى للتيارات الداخلة = المجموع الجبرى للتيارات الخارجة .

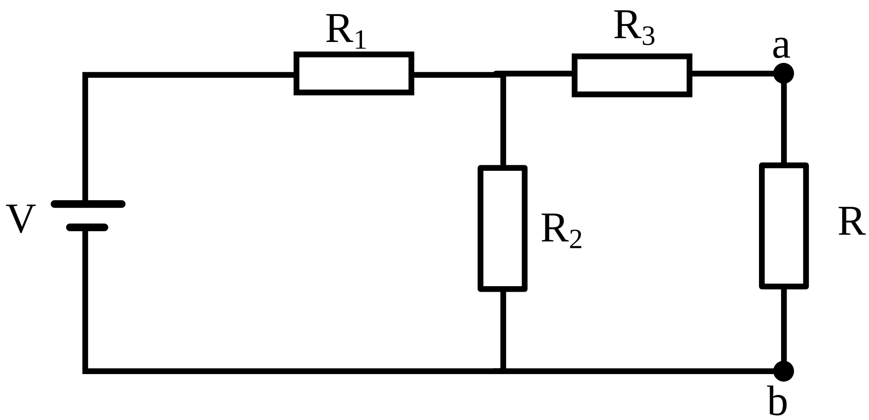
ب– تحقيق قانون كيرشوف للجهد الكهربي للدائرتين المغلقتين abca , abda

٣–٢ نظرية ثفنن :

وضع عالم الفيزياء الفرنسى ليون ثفنن نظريته المعروفة بإسمه . هذه النظرية تستخدم لحساب قيمة التيار المار في أى فرع في الدائرة الكهربية. كما أن هذه النظرية يمكنها دراسة التغير في التيار في أى فرع في الدائرة الكهربية عندما تتغير قيمة مقاومة هذا الفرع مع بقاء بقية أجزاء ومكونات الدائرة الأخرى ثابتة كما هي . تنص نظرية ثفنن على الآتي :

" أى طرفين في دائرة كهربية تحتوى على مصدر للجهد الكهربي (أو مصدر للتيار) يمكن استبدالها بدائرة أخرى تحتوى على بطارية ذات قوة دافعة كهربية مقدارها V_{TH} تتصل على التوالي بمقاومة قيمتها R_{TH} حيث V_{TH} هى فرق الجهد بين هذين الطرفين في حالة فتحها ، R_{TH} هى المقاومة المحسوبة بين هذين الطرفين عند استبدال جميع مصادر الجهد الكهربي في الدائرة الأصلية بمقاوماتها الداخلية " .

ولتوضيح كيفية تطبيق هذه النظرية نفترض الدائرة الموضحة بشكل (٣–١٠)



شكل (٣–١٠) دائرة كهربية لتوضيح نظرية ثفنن

نفترض كذلك أنه مطلوب إيجاد قيمة التيار في المقاومة R

خطوات الحل كما يلي :

- **الخطوة الاولي** : إزالة المقاومة R من الدائرة وبالتالي تصبح الدائرة الأصلية مفتوحة من الطرفين . a , b .
- **الخطوة الثانية** : حساب فرق الجهد بين الطرفين المفتوحين a, b هذا الجهد هو جهد ثفنن V_{TH} وفي الدائرة الموضحة بشكل (٣-١٠) نجد أن:

$$IR_2 = V_{R_2} = V_{TH} \quad .... (1)$$

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2} \quad ....(2)$$

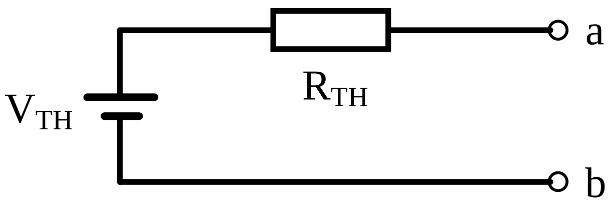
$$\therefore V_{TH} = \frac{V.R_2}{R_1 + R_2}$$ من (١) ، (٢)

- **الخطوة الثالثة** : عمل دائرة قصر (short circuit) على البطارية ثم حساب قيمة المقاومة كما نراها من خلال الطرفين المفتوحين a . b

هذه المقاومة هى مقاومة ثفنن المكافئة R_{TH} وللدائرة بشكل (٣-١٠) نجد أن

$$R_{TH} = R_3 + \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2}$$

- **الخطوة الرابعة** : دائرة ثفنن تصبح كالموضحة بشكل (٣-١١)



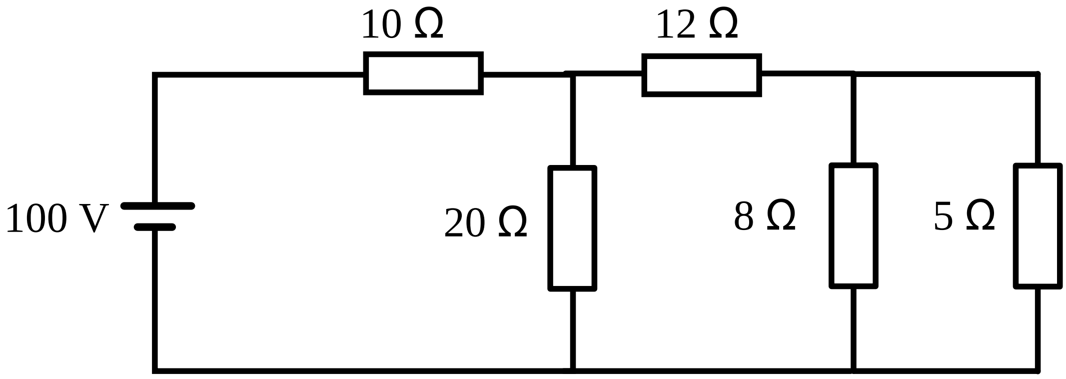
شكل (٣-١١)

- **الخطوة الخامسة** : حساب قيمة التيار المار في المقاومة R من نظرية ثفنن كالآتي

$$I = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R}$$

مثال (١) :

احسب قيمة التيار المار في المقاومة 5 أوم فى الدائرة الموضحة بشكل (٣-١٢) باستخدام نظرية ثفنن .

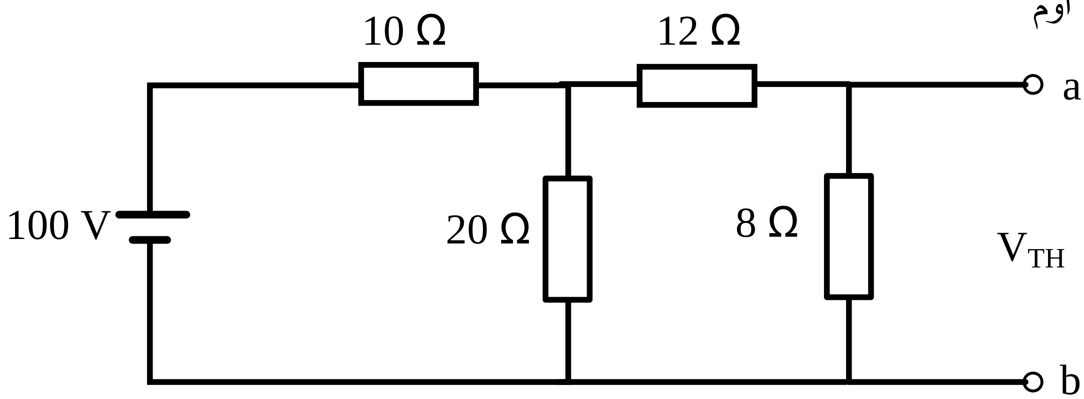


شكل (٣-١٢)

الحل :

الخطوة الاولـي : نزيل المقاومة 5 أوم من الدائرة ، وبالتالي نحصل على الدائرة الموجودة بشكل (٣-١٣) .

الخطوة الثانيـة : حساب قيمة فرق الجهد بين الطرفين a , b يتطلب معرفة التيار المار في المقاومة 8 أوم



شكل (٣-١٣)

يمكن حساب قيم التيارات المارة في جميع أفرع الدائرة كما هو موضح في شكل (٣-١٣)

التيار المار في المقاومة 8 أوم = 2.5 أمبير

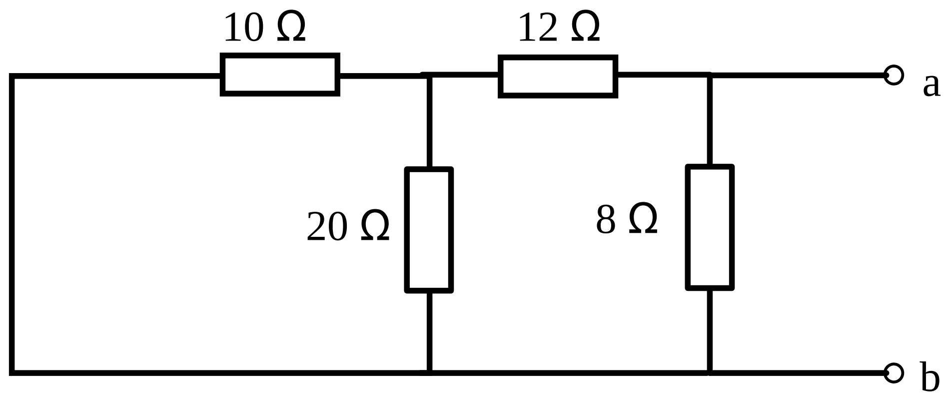
$$V_{TH} = (2.5)(8) = 20V$$

الخطوة الثالثة : لحساب قيمة مقاومة ثفنن المكافئة يتم عمل قصر على البطارية وبالتالي نحصل على الدائرة المرسومة في شكل (٣-١٤) .

مقاومة ثفنن المكافئة هى المقاومة التي يمكن قياسها بين الطرفين a , b للدائرة الموضحة بشكل (٣-١٤) وباستخدام قوانين المقاومات المتصلة على التوالي والتوازي ، حيث علامة // تمثل حالة توازى بين المقاومات

$R_{ab} = ((10\Omega//20\ \Omega)+12\ \Omega)//\ 8\ \Omega$

نجد أن مقاومة ثفنن $R_{TH} = 5.6\ \Omega$



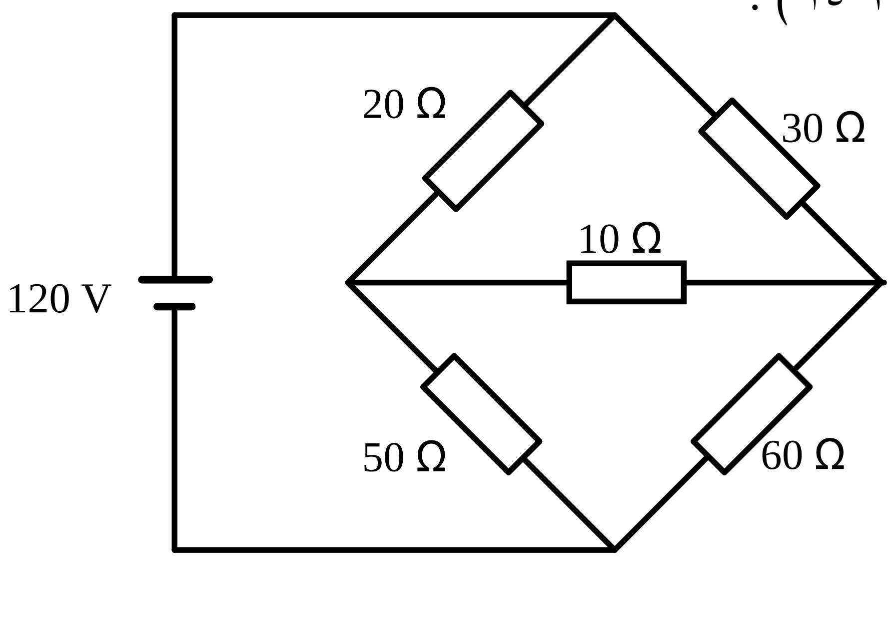
شكل (٣-١٤)

الخطوة الرابعة : للحصول على التيار المار في المقاومة 5 أوم

$$I = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R}$$

$$I = \frac{20}{5.6+5} = 1.887 \ \text{A}$$

مثــال (٢) : باستخدام نظرية ثفنن إحسب التيار المار في المقاومة ١٠ أوم للدائرة الكهربية الموجودة في شكل (٣-١٥) .

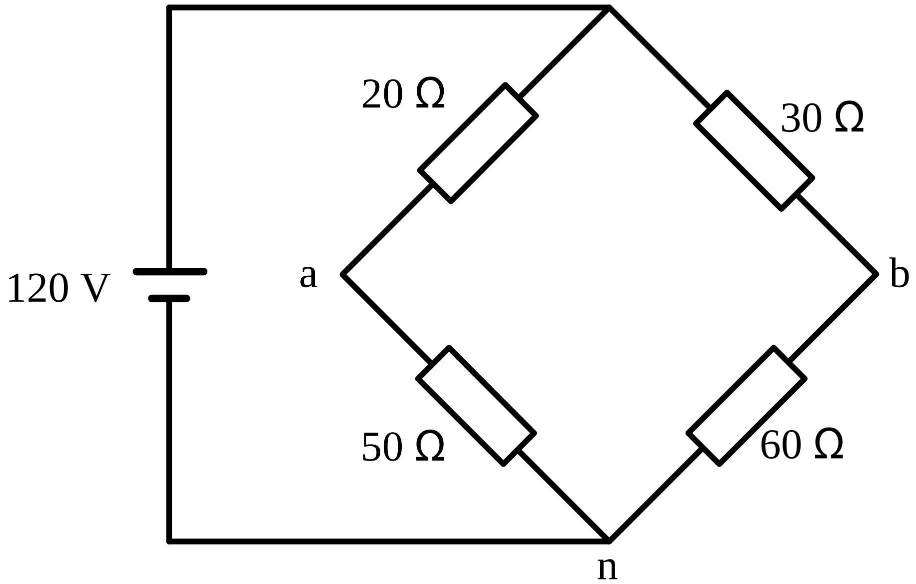


شكل (٣-١٥)

الحل :

الخطوة الأولي :

نزيل المقاومة 10 أوم فنحصل على الدائرة الموضحة بشكل (٣-١٦)



شكل (٣-١٦)

الخطوة الثانية :

حساب قيمة فرق جهد ثفنن المكافيء وهو يساوى فرق الجهد بين النقطتين a , b في شكل (٣-١٦) من الشكل نجد $V_{TH} = V_{ab} = V_{an} - V_{bn}$

وبحساب التيارات في الدائرة

الموضحة في شكل (٣-١٦) نجد أن

- التيار الكلي الخارج من البطارية 3.05 أمبير
- التيار المار في الفرع a n 1.71 أمبير
- التيار المار في الفرع b n 1.34 أمبير

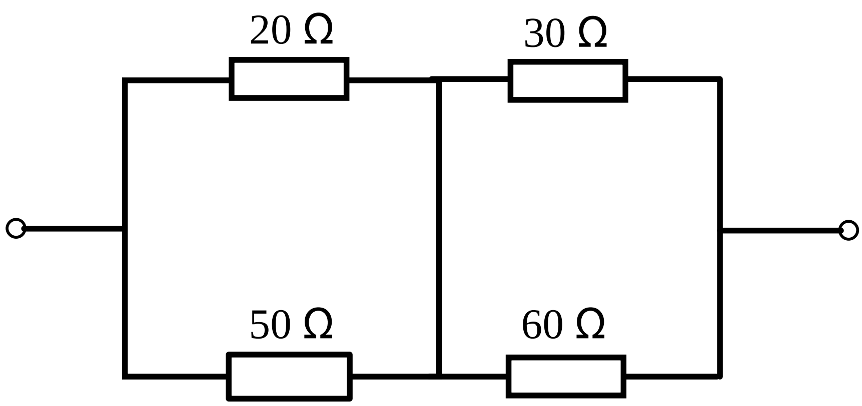
$$V_{an} = (1.71)(50) = 85.5 \text{ volts.}$$

$$V_{bn} = (1.34)(60) = 80.4 \text{ volts.}$$

$$V_{TH} = 85.5 - 80.4 = 5.1 \text{ volts.}$$

الخطوة الثالثة :

لحساب مقاومة ثفنن المكافئة نعمل قصر بين طرفي البطارية وبالتالي نحصل على الدائرة الكهربية الموضحة في شكل (٣-١٧)



شكل (٣-١٧)

نحسب المقاومة المكافئة R_{TH}

$$R_{TH}=\frac{20\times50}{20+50}+\frac{30\times60}{30+60}$$

$$R_{TH}=34.3\Omega$$

الخطوة الرابعة:

بالتعويض في المعادلة $I=\frac{V_{TH}}{R_{TH}+R}$

لايجاد التيار المار في المقاومة 10 أوم

$$I=\frac{V_{TH}}{R_{TH}+R}$$

$$I=\frac{5.1}{34.3+10}$$

$$=\frac{5.1}{44.3}$$

$$=0.12 \quad A$$

تذكر (نظريات الدوائر الكهربية)

- **عناصر الدائرة في أبسط صورة : -**

أ- مصدر القدرة الكهربية   ب- الموصلات الكهربية   جـ- الأحمال الكهربية

- **قانون كيرشوف الأول :** ويسمى بقانون كيرشوف للتيار وينص على الآتي :

"عند أى لحظة يكون مجموع التيارات الداخلة إلى أى نقطة إتصال في دائرة كهربية تساوى التيارات الخارجة منها " .

- **قانون كيرشوف الثاني :** ويسمى بقانون كيرشوف للجهد وينص على الآتي

" عند أى لحظة يكون المجموع الجبرى للقوة الدافعة الكهربية في أى دائرة كهربية مغلقة مساوياً للمجموع الجبرى لفروق الجهد بين أطراف المقاومات في هذه الدائرة المغلقة " .

- **عند تطبيق قانون كيرشوف الثاني :** تكتب إشارة (ق . د . ك) موجبة (+) إذا كان التيار يمر في اتجاه عقارب الساعة (هو اتجاه التيار المفروض) تكتب اشارة (ق . د . ك) سالبة (–) اذا كان التيار يمر عكس عقارب الساعة تكتب اشارة الجهد المفتوح في المقاومات (–) اذا كان التيار في اتجاه عقارب الساعة تكتب اشارة الجهد المفتوح في المقاومات(+) إذا كان التيار عكس اتجاه عقارب الساعة .

- **نظرية ثفنن :** وتنص على الآتي : أى طرفين في دائرة كهربية تحتوى على مصدر للجهد الكهربي أو مصدر للتيار يمكن استبدالها بدائرة أخرى تحتوى على مصدر واحد للجهد مقداره جهد ثفنن (V_{TH}) تتصل على التوالي بمقاومة ثفنن (R_{TH}) حيث V_{TH} هو فرق الجهد بين هذين الطرفين فى حالة فتحها ، والمقاومة R_{TH} هى المقاومة المحسوبة بين هذه الطرفين عند استبدال جميع مصادر الجهد الكهربي في الدائرة الأصلية بمقاوماتها الداخلية وعمل قصر على القوة الدافعة الكهربية لها .

- **للحل بنظرية ثفنن اتبع الآتي :**

١- ارفع المقاومة المراد إيجاد قيمتها لتصبح الدائرة مفتوحة عند طرفي المقاومة وليكونا a , b .

٢- حساب قيمة الجهد V_{TH} عند الطرفين a , b .

٣- عمل قصر على البطارية ثم حساب مقاومة الدائرة R_{TH} كما نراها من خلال الطرفين a , b .

٤- حساب قيمة التيار المار في المقاومة المطلوبة R باستخدام القانون.

$$I_{ab} = \frac{V_{TH}}{R_{TH} + R}$$

أسئلة على الباب الثالث

١- ما هى عناصر الدائرة الكهربية ؟

٢- ما الفرق بين الدائرة الكهربية المفتوحة والدائرة الكهربية المغلقة ؟

٣- ما هى أنواع الأحمال ؟

٤- لماذا يعتبر قانونا كيرشوف كتطبيق مباشر لقاعدة بقاء الطاقة ؟

٥- اثبت قانون كيرشوف الثاني مستخدماً قاعدة بقاء الطاقة .

٦- ما هى نظرية ثفنن ؟ أذكر الخطوات اللازمة لتطبيقها لإيجاد التيار المار في أحد فروع دائرة كهربية

٧- لماذا تعتبر الموصلات الكهربية من العناصر الضرورية في الدائرة الكهربية .

ضع خطاً تحت الاجابة الصحيحة في كل مما يأتي :-

٨- مصدر الجهد الكهربي القياسي يجب أن يكون له

أ- مقاومة داخلية قيمتها تساوى صفراً .

ب- مقاومة داخلية قيمتها كبيرة جداً

جـ- قيمة كبيرة للقوة الدافعة الكهربية .

٩- ينص قانون كيرشوف الثاني على ما يأتي :

أ- مجموع مفاقيد الجهد في دائرة متصلة على التوالي له قيمة محددة .

ب- مجموع كل القوى الدافعة الكهربية ومفاقيد الجهد في دائرة مغلقة يساوى صفراً .

جـ- مجموع القوى الدافعة الكهربية في دائرة متصلة على التوالي يساوى صفراً .

١٠- ينص قانون كيرشوف الأول على ما يأتي :

أ- مجموع التيارات الكهربية في دائرة متصلة على التوالى يساوى صفراً

ب- مجموع التيارات الداخلة إلى نقطة إتصال في الدائرة الكهربية = مجموع التيارات الخارجة منها .

ج- مجموع التيارات الكهربية في دائرة متصلة على التوازى يساوى صفراً .

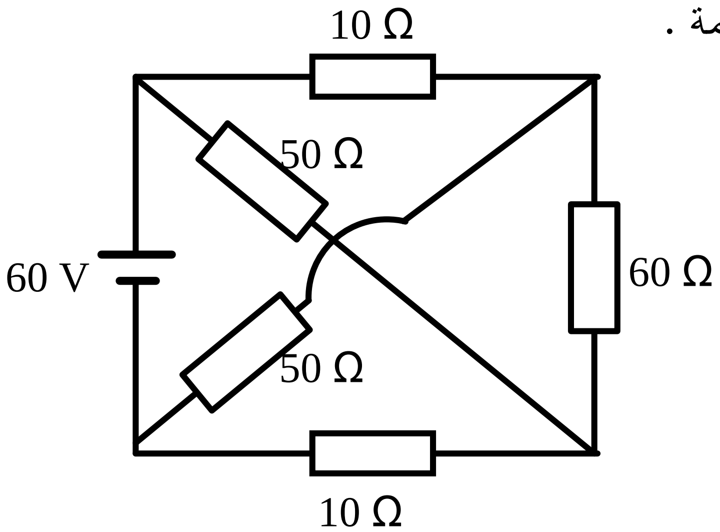
١١- لمعرفة قطبية فرق الجهد بين طرفي أى مقاومة يلزم معرفة :

(أ) قيمة المقاومة

(ب) قيمة التيار المار في المقاومة .

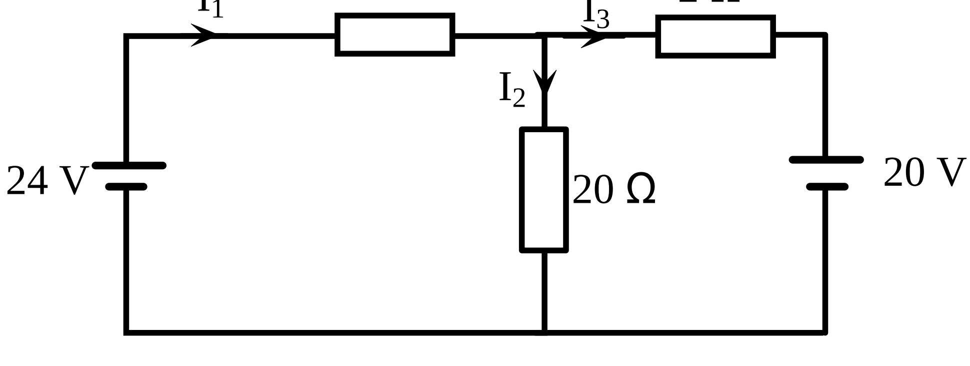
(جـ) اتجاه التيار المار في المقاومة .

١٢- احسب التيار المار في المقاومة 60 أوم في الدائرة الكهربية الموضحة بشكل (٣-١٨) بإستخدام قانون كيرشوف



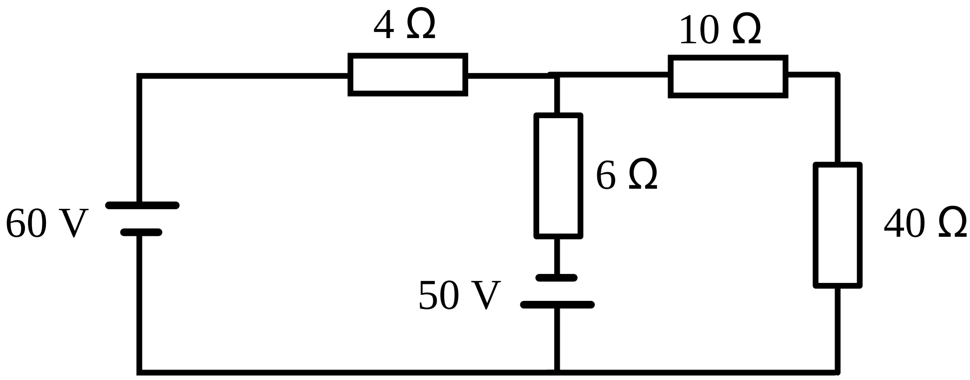
شكل (٣-١٨)

١٣- احسب التيار I_1 , I_2, I_3 في الدائرة الكهربية الموضحة بشكل(٣-١٩)



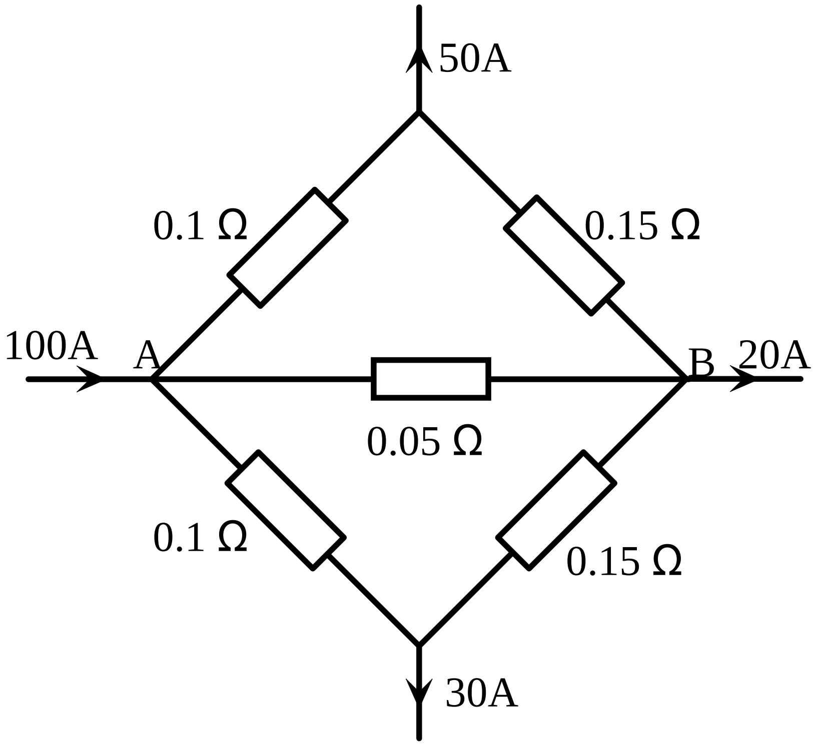
شكل (٣-١٩)

١٤- احسب التيار المار في المقاومة 10 أوم بشكل (٣-٢٠) باستخدام نظرية ثفنن.



شكل (٣-٢٠)

١٥- استخدم نظرية ثفنن لإيجاد التيار في الفرع A . B للدائرة الكهربية في شكل (٣-٢١)



شكل (٣-٢١)

الباب الرابع

التيار المتردد

٤-١ طرق توليده :

٤-١-١ توليد الموجه الجبيبية – التردد – الزمن الدورى – زاوية الوجه – الاختلاف الوجهى .

٤-١-٢ قيم الجهد والتيار المتردد للموجه الجيبية (القيمة اللحظية – القيمة المتوسطة – القيمة الفعالة – القيمة العظمى – معامل الشكل) .

٤- ٢ دوائر التيار المتردد :

٤-٢-١ تأثير العناصر (R – L – C) في دوائر التيار المتردد – توصيل المقاومة في دائرة التيار المتردد – توصيل المقاومة والمكثف توالي – توصيل المقاومة والملف توالي – توصيل المقاومة والملف والمكثف توالي .

٤-٢-٢ حساب المعاوقة والممانعة الكلية في كل حالة والمتجهات لكل من التيار والجهد والممانعة .

٤-٢-٣ توصيل المعاوقة والملف توازى – توصيل المقاومة والمكثف توازى – حساب المعاوقة والممانعة الكلية والمتجهات لكل من التيار والجهد والممانعة .

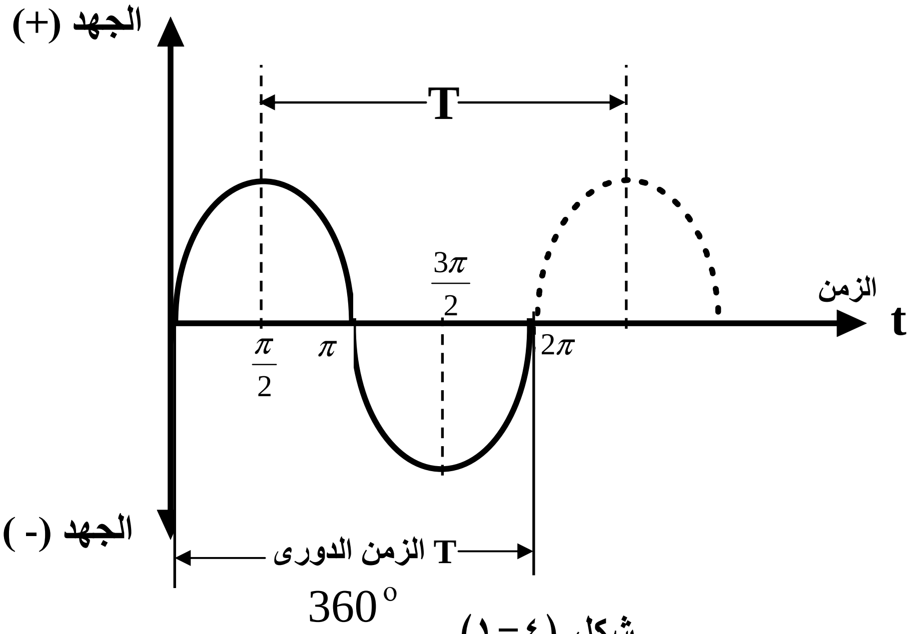
٤-٢-٤ استنتاج حالة الرنين في الدوائر السابقة .

الباب الرابع

التيار المتردد

تعريف التيار المتغير (المتردد):

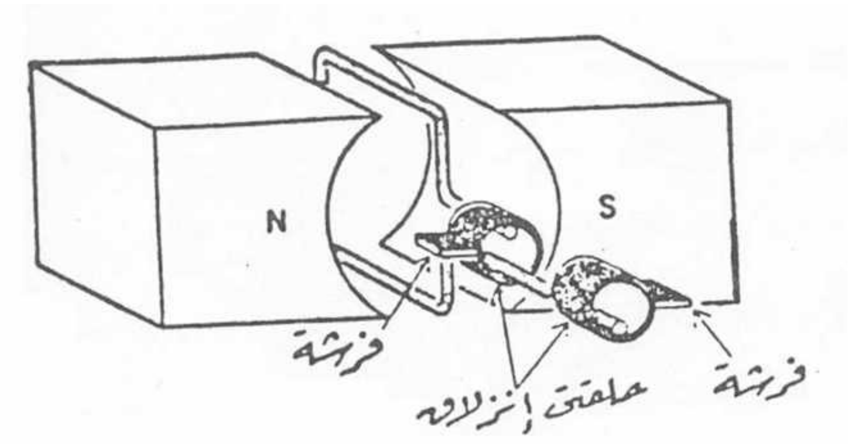
- يعرف التيار المتغير (أو الجهد المتغير) وأحياناً يسمى التيار المتناوب بأنه التيار الكهربى الذى يتغير في القيمة والإتجاه مع تكرار نفسه دورياً مع مرور الزمن . ويوضح شكل(٤-١) موجه متغيرة للجهد الكهربي حيث يمثل المحور الرأسي الجهد بينما يمثل المحور الأفقى الزمن (أو زاوية القطع) .



شكل (٤-١)

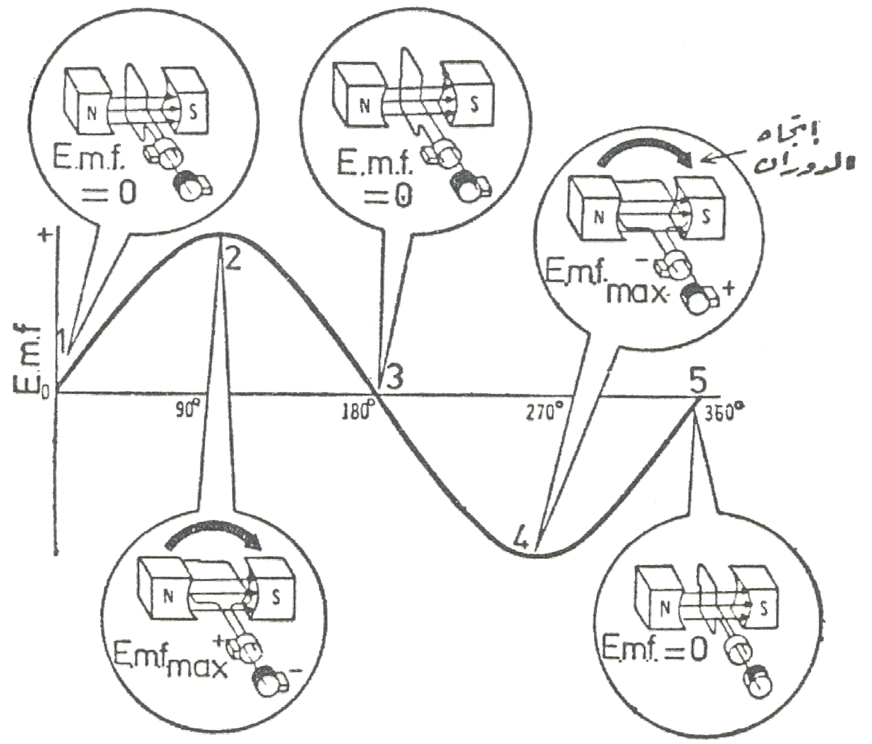
٤-١-١ توليد الموجه الجيبية :

ينص قانون فاراداي للمولد – السابق دراسته – على أنه إذا قطع موصل كهربي مجالاً مغناطيسياً فإنه يتولد بالموصل قوة دافعة كهربية تكون قيمتها أكبر ما يمكن عندما تكون زاوية القطع ٩٠ ° . ومن المعروف أن معظم الطرق المعروفة لتحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية ينتج عنها موجات مترددة (Alternating waves) للجهد الكهربي ويوضح شكل (٤-٢) أحد الأمثلة المبسطة لمثل هذه الطرق ، وهو يمثل نموذجاً بدائياً للمولد الكهربي .



شكل (٤-٢) نموذج مبسط للمولد الكهربى

يتكون النموذج المبسط للمولد الكهربي (generator) من لفة مستطيلة الشكل بين قطبين مغناطيسيين ، وتتصل بالدائرة الخارجية عن طريق حلقتى انزلاق slip rings تتحركان أمام فرشتين (2 brushes) . فعندما يدور الموصل في المجال المغناطيسي للقطبين المغناطيسيين يتولد جهد كهربى . يعتمد معدل قطع خطوط القوى المغناطيسية اعتماداً كلياً على وضع الموصل بالنسبة للمجال المغناطيسي حتى لو كانت سرعة دوران الموصل منتظمة . وعموماً يمكن رصد خمسة أوضاع للموصل الكهربي الذى يدور بسرعة زاوية ω داخل المجال المغناطيسي كما هو موضح بشكل (٤-٣) .



شكل (٤-٣) توليد الجهد المتردد ذى الموجه الجيبية

الوضع (١) في هذا الوضع تكون حركة الموصل موازية لخطوط المجال المغناطيسي فلا تتولد (ق . د. ك) لأن زاوية القطع تساوى صفرا .

الوضع (٢) يكون الموصل قد تحرك حركة زاوية مقدارها ٩٠ ° أى أنه أصبح متعامداً مع خطوط المجال المغناطيسي وبذلك تتولد قوة دافعة كهربية وتأخذ قيمتها النهاية العظمي للجهد الكهربي E_{max} وتكون موجبه القيمة " أو موجبة القطبية".

الوضع (٣) في هذا الوضع يكون الموصل قد تحرك زاوية مقدارها ١٨٠ ° ويصبح موازياً لخطوط القوى المغناطيسية وتكون القوة الدافعة الكهربية صفراً لأن زاوية القطع تساوى ١٨٠°، ويكون الموصل قد تحرك نصف دوره .

الوضع (٤) في هذا الوضع يكون الموصل قد تحرك حركة زاوية مقدارها ٢٧٠ ° ويصبح متعامداً مع خطوط المجال المغناطيسي وبذلك تكون قيمة (ق . د . ك) نهاية عظمى سالبة
الوضع (٥) في هذا الوضع يكون الموصل قد تحرك حركة زاوية مقدارها ٣٦٠ ° ويكون بذلك قد قطع دوره كامله وأصبح الموصل موازياً لخطوط المجال المغناطيسي وبذلك تؤول قيمة ق . د . ك المتولدة إلى الصفر مرة أخرى .

تتكرر الدورة السابقة عند كل لفة تالية من حركة الموصل الدائرية . ونلاحظ أن قيمة القوة الدافعة الكهربية الناتجة تتغير من الصفر إلى قيمة النهاية العظمى ثم الى الصفر وبعد ذلك تعكس القطبية وتصل الى النهاية العظمى ثم الى الصفر وبذلك تتولد موجه مترددة للجهد الكهربي في الموصل.

ونلاحظ كذلك أن التيار الناتج من هذا الجهد يتغير بنفس الكيفية . هذا التغير يشبه تماماً التغير الحادث في منحنى الجيب (Sine Wave) بين الزاويتن (صفر ،٣٦٠ °) كما في شكل (٤-١) السابق. ولهذا يسمى هذا التغير بالموجة الجيبية ويمكن كتابتها على الصورة :

$$e = E_m \sin \omega t$$

حيث : e هى القيمة اللحظية للجهد الكهربي أو قيمة الجهد عند زمن مقداره t ثانية

E_m هى القيمة العظمي للجهد

ω هى السرعة الزاوية أو سرعة دوران الموصل الكهربي .

وهناك ملاحظاتان :

١-العلاقة $e = E_m \sin \omega t$ تمثل الموجه الجيبية المرسومة بشكل (٤-١) .

٢-ωt تمثل زاوية دوران الموصل الكهربي خلال زمن t ثانية ويرمز لها بالرمز Ø

*** التردد : (Frequency)**

يعرف التردد بأنه عدد الذبذبات أو الموجات في الثانية الواحدة ويرمز له بالرمز" f "

ويقاس التردد بوحدة الذبذبة / ثانية أو الهيرتز ويرمز لها بالرمز " Hz " وهناك الوحدات الكبيرة الآتية :

الكيلو هيرتز = ١٠ ^٣^ هيرتز

الميجا هيرتز = ١٠ ^٦^ هيرتز

بعض الدول تستخدم التردد ٥٠ هيرتز مثل مصر والهند . وتستخدم بعض الدول الأخرى ٦٠هيرتز مثل أمريكا وكندا – واليابان هى الدولة الوحيده التي تستخدم كلاً من الترددين ٥٠ هيرتز، ٦٠ هيرتز .

*** الزمن الدوري :**

هو الزمن بالثانية التي تستغرقه الدورة أو الذبذبة الواحدة ويرمز له بالرمز T وهو نفس الزمن بين نقطتين متماثلتين على الشكل الموجى كما هو موضح بشكل (٤-١)

*** زاوية الوجه (Phase Angle)**

مما سبق يتبين أن الموجه الجيبية لها قيم عظمى (سواء بإشارات موجبه أو سالبة) عند الزاوايا ($\frac{\pi}{2}$ ، $\frac{3\pi}{2}$) وتكون قيمتها صفر عند الزاويا (0 ، π، 2π
كما هو مبين بشكل (٤-١) .

وبالتالي اتفق على التعبير عن الموجه الجيبية رياضياً بالعلاقة e

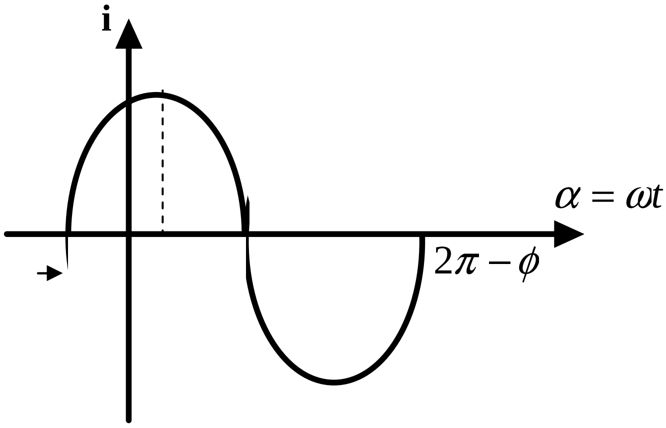
$e = E_m \, Sin \, \omega t$

اذا كانت الموجه تعبر عن تيار . يمكن التعبير عنها بالعلاقة i

$i = I_m \, Sin \, \omega t$

حيث I_m هى القيمة العظمى لتيار الموجه

وإذا تم عمل إزاحة للموجه إلى يسار المحور الرأسي بزاوية مقدارها Ø فإنها تصبح كما في شكل (٤-٤) .



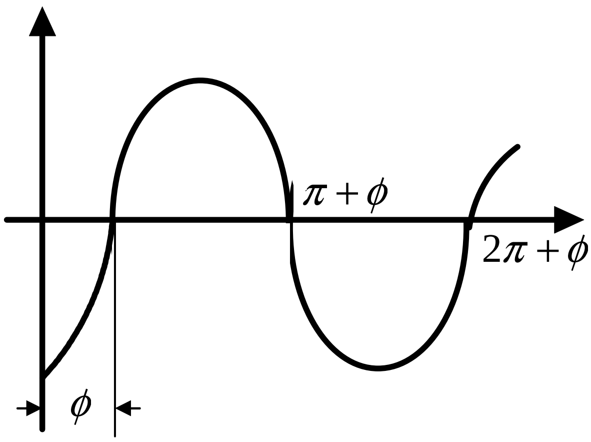
شكل (٤-٤)

في هذه الحالة تقطع الموجه المحور الأفقي وتزيد بقيم موجبه قبل نقطة الاصل وتصبح المعادلة التي تعبر عن الموجه في هذه الحالة هي :

$i = I_m \, Sin \, (\omega t + \text{Ø})$

وعند $\omega t = 0$ $\quad$ $i = I_m \, Sin \, \text{Ø}$

وإذا تم إزاحة الموجه إلى يمين المحور الرأسي بنفس الزاوية كما في شكل (٤–٥) فإن الموجه تقطع المحور الافقى وتزيد بقيم موجبة بعد نقطة الاصل



شكل (٤–٥)

$i = I_m \sin(\omega t - \varnothing)$

وعند $\omega t = 0$

$i = I_m \sin(-\varnothing)$

والزاوية$\varnothing$ في كل من الشكلين (٤–٤) ، (٤–٥) تسمى زاوية الوجه للموجه

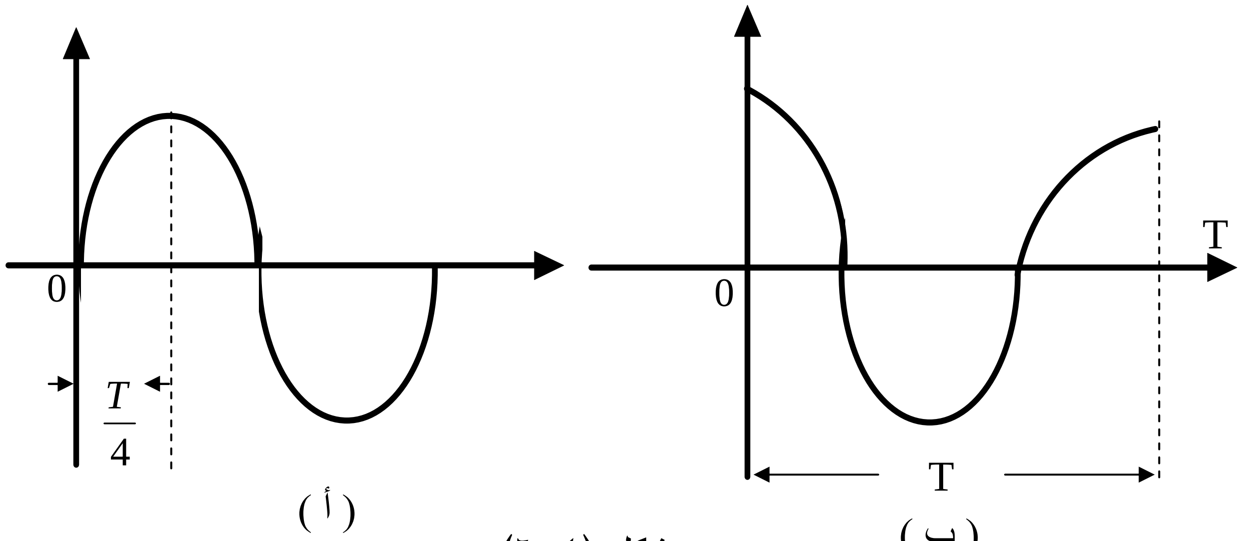
توضيح آخر لزاوية الوجه ($\varnothing$)

تعرف زاوية الوجه لأى قيمة مترددة بأنها جزء من الدورة الزمنية ، تقدمت به أو تأخرت قيم الكمية عن نقطة البدء المختارة . وعلى ذلك فزاوية وجه النهاية العظمي تعادل ربع الزمن الدورى $\frac{T}{4}$ كما في شكل (٤–٦ – أ)

وزاوية الوجه = 0 كما في شكل (٤–٦– ب)

وزاوية الوجه تقاس بالزاويا النصف قطرية أو الدرجات فزاوية وجه النهاية العظمى ($\frac{\pi}{2}$)

حيث: $\frac{\pi}{2} = 90^{\circ}$



شكل (٤-٦)

وهناك عبارات مهمة لها علاقة بزاوية الوجه (Ø)

١- نفس الوجه : أى زاوية الوجه تساوى صفراً

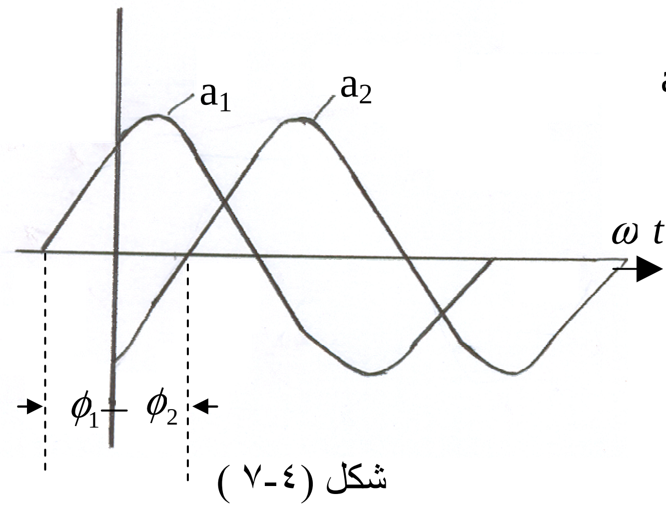
٢- وجه متعامد : زاوية الوجه = ٩٠ ° = $\frac{\pi}{2}$

٣- وجه معاكس : زاوية الوجه = ١٨٠ ° = π

*** الاختلاف الوجهى (اختلاف زاوية الوجه) :**

يستخدم اصطلاح يتأخر (Lag) أو متأخر (Lagging) واصطلاح يسبق (Lead) أو سابق (Leading) للتعبير

عن علاقة زوايا الوجه بين موجتين جيبيتين كما في شكل (٤-٧) فإن الموجه الجيبية a_1 تسبق Lead أو سابقة Leading الموجه الجيبية a_2 التي تتأخر Lag أو متأخرة Lagging عن الموجه a_1 ويحدث ذلك لاختلاف زاويتى الوجه للموجتين و تكون



شكل (٤-٧)

علاقة الموجه الأولي $a_1 = A_{m1}.\sin(\omega t + \phi)$

وتكون علاقة الموجه الثانية $a_2 = A_{m2}.\sin(\omega t - \phi)$

حيث A, a هما القيمتين اللحظتين والقيمتين العظمتين لأى موجتين جيبيتين .

وبالتالي يكون الفرق بين زاويتى الوجه للموجتين هو :

$Ø_1 – (- Ø_2) = Ø_1 + Ø_2$

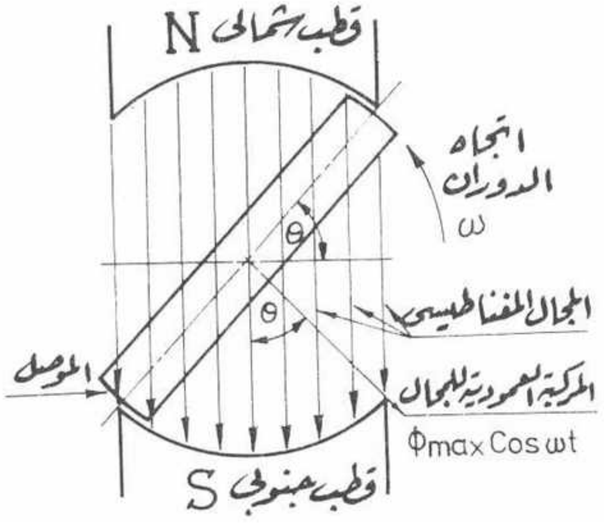
إذا كان الفرق بين ($Ø_1$ - $Ø_2$) = صفرا يقال أن الموجتين متفقتين في زاوية الوجه In phase

وإذا كان الفرق بين ($Ø_1$ - $Ø_2$)≠ صفر يقال أن الموجتين مختلفتان فى زاوية الوجه un phase

٤–١–٢ قيمة الجهد والتيار المتردد للموجه الجيبية (القيمة اللحظية – القيمة المتوسطة – القيمة الفعالة – القيمة العظمي – معامل الشكل) :

*** القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربية :**

يمكن استنتاج ق . د . ك اللحظية في موصل يدور بين قطبين مغناطيسين كما في شكل (٤–٨) ويبين المركبة العمودية للمجال المغناطيسي على الموصل والتي تسبب تولد القوة الدافعة الكهربية



شكل (٤– ٨)

وهى تتوقف على :

١–طول الموصل أو عدد لفات N .

٢–الفيض المغناطيسي الأعظم $Ø_{max}$

٣-سرعة دوران الموصل أو المجال n إذا تحرك الموصل قاطعاً المجال بزاوية نصف قطرية $\omega=\theta$

∴ القيمة اللحظية للقوة الدافعة الكهربية= القيمة العظمى × جيب الزاوية ωt

$$e_{inst} = E_{\max}.\sin \omega t$$
$$= E_{\max}.\sin \theta$$

*** القيمة العظمي للجهد أو التيار (المتردد) :**

هى القيمة التي تكون عندها زاوية القطع ٩٠° كهربية أى يكون مستوى الملف عمودياً على مستوى خطوط المجال المغناطيسي

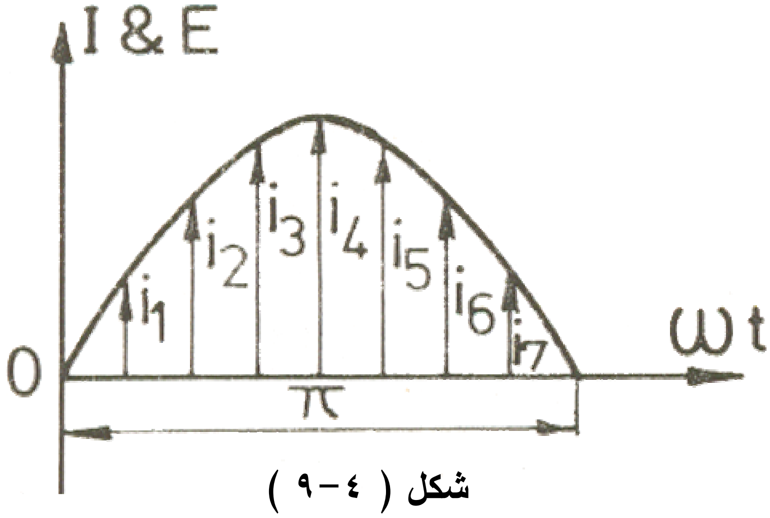
$e = E_m \sin 90 = E_m$ volt.

or :

$i = I_m \sin 90 = I_m$ Amper.

*** القيمة المتوسطة للجهد أو التيار (المتردد) :**

هى متوسط قيم الجهد أو قيم التيار خلال نصف دورة زمنية واحدة



شكل (٤-٩)

فإذا قسمنا نصف الموجه يتم جمع المتوسطات ثم يقسم على النسبة التقريبية كما في الشكل (٤-٩)

$$I_{av} = \frac{i_1 + i_2 + i_3 + ...}{\pi}$$

وقد وجد أنها ضعف القيمة العطميى أى I_m =2

إذن القيمة المتوسطة للتيار I_{av}

$$I_{av} = \frac{2\,I_{max}}{\pi} = 0.637\,I_{max}$$

القيمة المتوسطة للجهد V_{av}

$$V_{av} = \frac{2\,E_m}{\pi} = 0.637\,E_m.$$

*** القيمة الفعالة للجهد أو للتيار المتردد:**

وهى قيمة جذر متوسط المربعات (r . m . s) للتيار المتردد التي تعطى نفس الطاقة والقيمة الحرارية التي تنتجها نفس القيمة للتيار المستمر

والقيمة الفعالة للتيار المتردد = $\frac{\text{القيمة العظمى}}{\sqrt{٢}}$ = ٠.٧٠٧ من القيمة العظمى

القيمة الفعالة للتيار I

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\,I_m$$

القيمة الفعالة للجهد V

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\,V_m$$

ملحوظة : حسابات دوائر التيار المتردد مبنية على إستعمال القيمة الفعالة وهى القيمة التي تبينها أجهزة القياس للتيار المتردد .

*** معامل الشكل (Form Factor) K_f**

يمكن ربط القيمة الفعالة لموجه التيار أو موجه الجهد المتردد بالقيمة المتوسطة عن طريق معامل يسمي معامل الشكل وهو النسبة بين القيمة الفعالة والقيمة المتوسطة

أي أن معامل الشكل K_f = القيمة الفعالة

القيمة المتوسطة

$$K_f = \frac{0.707\, I_m}{0.637\, I_m} = 1.11$$

٤–٢ دوائر التيار المتردد :

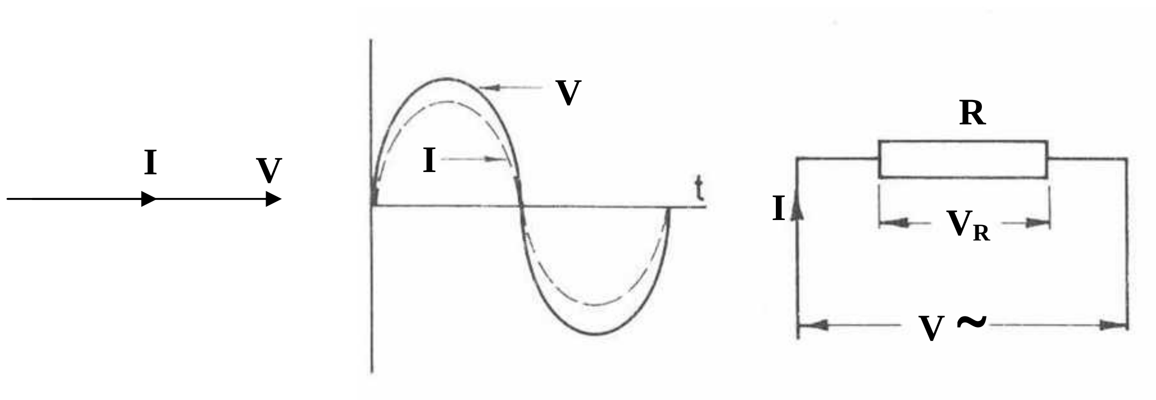
٤–٢–١ تأثير العناصر (R – L – C) في دوائر التيار المتردد

*** دائرة تحتوي على مقاومة مادية بحتة R :**

كما في الشكل (٤–٩– أ. ب . جـ)

شكل (٤–٩– أ) يبين رسم الدائرة – شكل (٤–٩ – ب) يبين رسم المنحنيات لكل من الجهد والتيار – شكل (٤–٩–جـ) يبين رسم المتجهات للجهد والتيار بفرض أن الزاوية Ø= صفر

أى أن زاوية الوجه بين التيار والجهد مساوية للصفر



(أ) رسم الدائرة **(ب) رسم المنحنيات** **(جـ) رسم المتجهات**

شكل (٤–٩– أ ، ب ، جـ)

وبتطبيق قانون أوم فإن $I = \frac{V}{R} amper$

ويكون الجهد على أطراف المقاومة V $V_R = I \cdot R$

*** دائرة تحتوى على ملف (ممانعة حثية) X_L :**

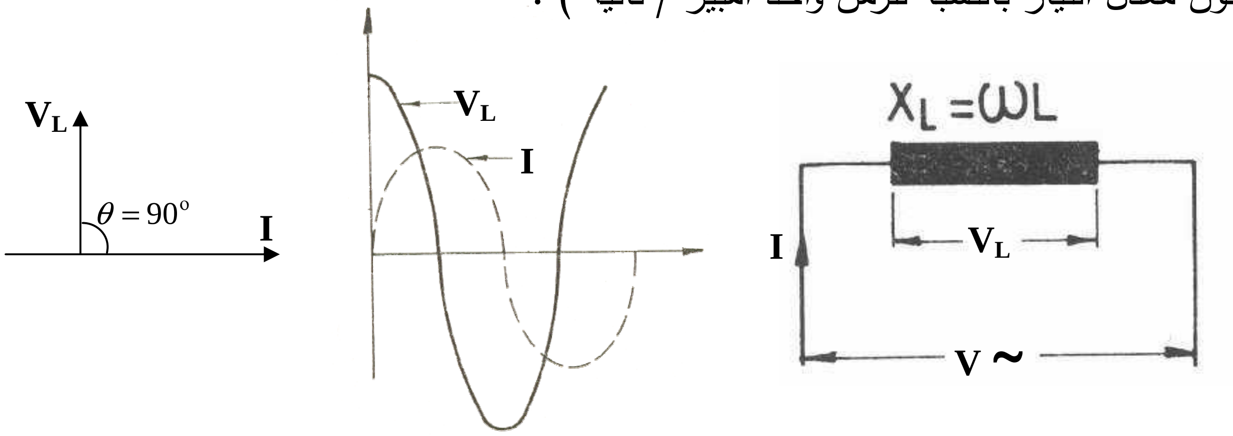
معلوم أنه إذا تغير التيار في دائرة يتولد فيض متغير فإذا كات الدائرة تحتوى على ملف فإن هذا الفيض يولد ق.د.ك بالتأثير الذاتي.

وتعتمد قيمة ق . د . ك بالتأثر على معدل تغير التيار بالنسبة للزمن وعلى معامل الحث الذاتي

للملف فإن القوة الدافعة الكهربية العكسية $e.m.f = -L.\frac{di}{dt}$

حيث L معامل الحث الذاتي بالهنري ، $\frac{di}{dt}$ معدل تغير التيار بالنسبة للزمن

(**تعريف الهنرى** : هو الاستنتاج النفسي لملف عندما يستنتج به ق . د . ك واحد فولت عندما يكون معدل التيار بالنسبة للزمن واحد أمبير / ثانية) .



(أ) رسم الدائرة (ب) المنحنيات (جـ) المتجهات

شكل (٤-١٠ – أ، ب ، جـ)

ومن الشكل (٤-١٠ – ب ، جـ) نلاحظ أن موجة الجهد تتقدم عن موجة التيار I بزاوية ٩٠ ° كهربية أو التيار يتأخر عن الجهد بزاوية ٩٠ ° .

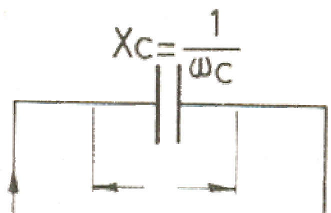
والرسم الاتجاهي بالشكل (٤-١٠- جـ) يوضح أن التيار يتأخر عن الجهد بزاوية مقدارها ٩٠°

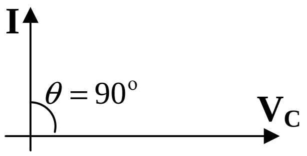
وقيمة ممانعة الملف X_L بالأوم هى

$$X_L = \omega L = 2\pi f L \quad \Omega$$

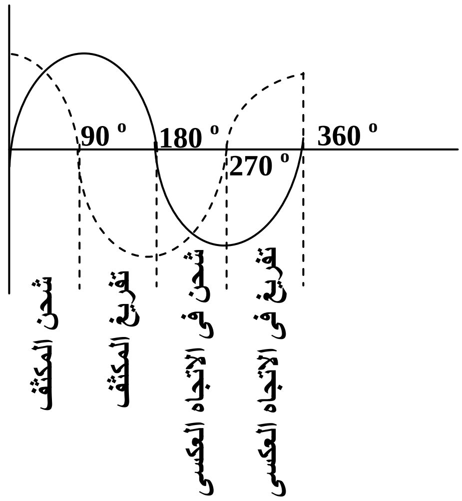
*** دائرة تحتوى مكثف " ممانعة سعوية فقط X_C :**

كما بشكل (٤-١١ – أ ، ب ، جـ) إذا وصل مكثف بدائرة تيار متردد فإنه يتم شحنه وتفريغه باستمرار طبقاً لتغير جهد المنبع وينتج عن ذلك مرور تيار متردد في المكثف

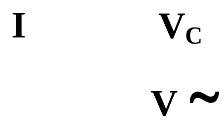




(جـ) رسم المتجهات



(ب) رسم المنحنيات



(أ) رسم الدائرة

شكل (٤-١١-أ ، ب ، جـ)

إذا تم وضع الجهد على هيئة موجه جيبية على أطراف المكثف فنجد من الشكل أنه خلال الربع الأول فإن المكثف يشحن حتى يصل جهده إلى القيمة القصوى

ونجد أن تيار الشحن يكون أكبر ما يمكن في البداية حتى يصل الى قيمة الصفر حينما يتم شحن المكثف إلى القيمة العظمي وفي الربع الثاني يقل جهد المنبع وبالتالي يبدأ المكثف في التفريغ فيزداد تيار التفريغ من الصفر إلى أكبر قيمة سالبة وهكذا يتم شحن وتفريغ المكثف فى الربع الثالث والرابع ولكن يتم ذلك عكس الاتجاه الذى يتم في الربع الأول والثاني

وبين شكل (٤-١١- جـ) رسم المتجهات لكل من التيار والجهد والذى يتضح منه أن التيار متقدم عن الجهد بزاوية مقدارها ٩٠ ° أو أن الجهد متأخر عن التيار ٩٠ °

ممانعة المكثف X_C

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot c} = \frac{1}{2\pi f c}\ \Omega$$

نستخلص مما سبق

(١) عند توصيل مقاومة مادية R بجهد تيار متردد فإن التيار I المار يتفق مع الجهد V والزاوية بينها= صفر

(٢) عند توصيل ملف حثى لـه ممانعـة X_L بجهـد تيـار متـردد فـإن التيـار I يتـأخر عن الجهـد بزاوية ٩٠ ° والزاوية بينها ٩٠ ° بأهمال المقاومة المادية للملف .

(٣) عند توصيل مكثف لـه ممانعة X_C بجهد تيار متردد فإن التيار I يتقدم عن الجهد بزاويـة ٩٠ ° والزاوية بينـهما ٩٠ ° .

*** توصيل المقاومة والمكثف على التوالي (وحساب الممانعة الكلية لـهما ورسم المتجهات)**

في هذه الحالة نجد أن :

١–التيار I المار في المقاومة R في نفس الوجه مع فرق الجهد على طرفيها كما بشكل (٤–١٢–١) .

٢– التيار يتقدم فرق الجهد على المكثف (الممانعة Xc) بزاوية مقدارها ٩٠ ° كما بشكل (٤–١٢– ب) .

٣– نرسم مثلث الجهد كما بشكل (٤–١٢–جـ)

ومنه نحصل على:

$$V_t = \sqrt{V_R{}^2 + V_C{}^2}$$

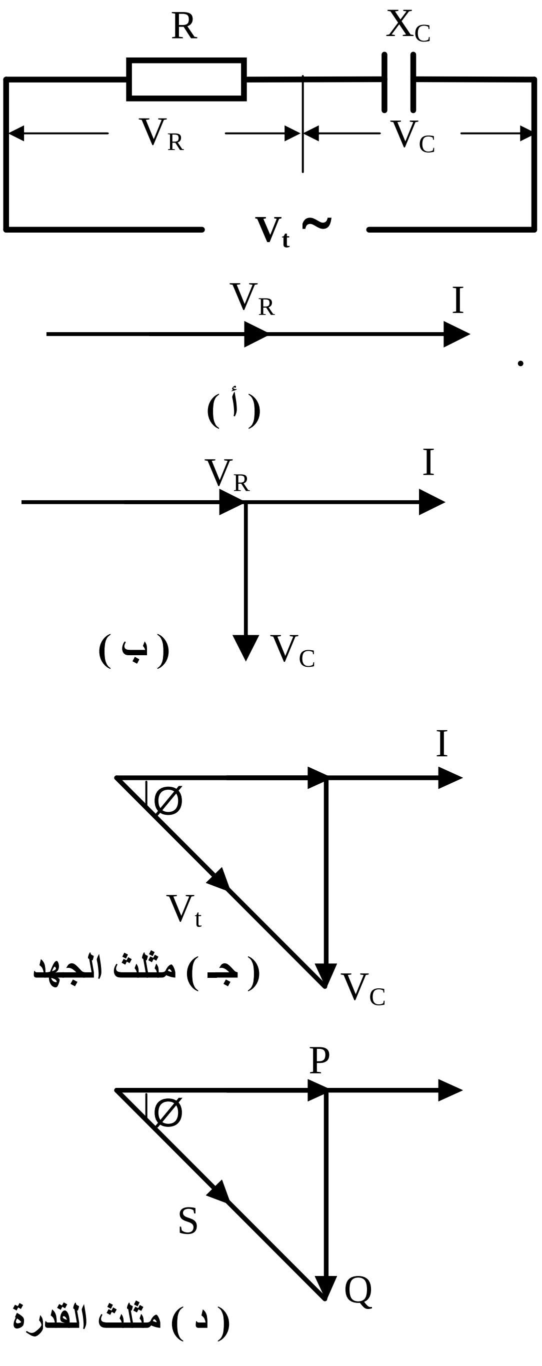
$$Cos\phi = \frac{V_R}{V_t}$$

حيث: V_t الجهد الكلي المسلط على أطرف الدائرة

V_R الجهد على طرفي المقاومة

V_C الجهد على طرفي المكثف

Cos Ø معامل القدرة



شكل (٤-١٢- أ ، ب ، جـ ، د)

القدرة في دائرة تحتوى على مقاومة ومكثف:

بضرب مثلث الجهود فى التيار I نحصل على مثلث القدرة كما بشكل (٤-١٢، د)

ومثلث القدرة عبارة عن مثلث قائم الزاوية يكون فيه ضلعي القائمة هما P ، Q حيث P هى القدرة الفعالة (في اتفاق وجه مع التيار)، Q هى القدرة الغير فعالة وهى الضلع العمودى على اتجار التيار I ، وتر ضلعى القائمة هو S وهو ما بعبر عنه بالقدرة الظاهرية ويحصر مع القدرة الفعالة زاوية الوجه (Ø)

ومن مثلث القدرة الفعالة P

$$P=\sqrt{S^2-Q^2}=I^2.R=V\cdot I\cdot COS\,\phi$$

القدرة الغير فعالة Q:

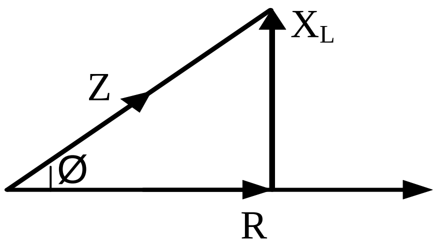
$$Q=I^2\,X_c=V_t\,I\sin\phi=\sqrt{S^2-P^2}$$

القدرة الظاهرة S

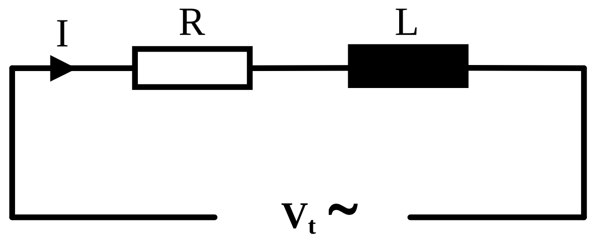
$$S=I^2.Z=V_t\,I^2=\sqrt{P^2+Q^2}$$

وفي حالة عنصرين فقط (L , R) أو (C , R) فإن هناك مثلث آخر يسمى مثلث الممانعات وهو ما سوف نوضحه لاحقاً .

*** دائرة L , R :**



(ب)



(أ)

شكل(٤-١٣،أ،ب)

حيث R هى المقاومة المادية للدائرة بالأوم

X_L هى ممانعة الدائرة بالأوم .

وبالتالي فإن مقاومة الدائرة ويرمز لها بالرمز Z يمكن حسابها من المثلث المبين في شكل (٤-١٣، ب) كالآتي:

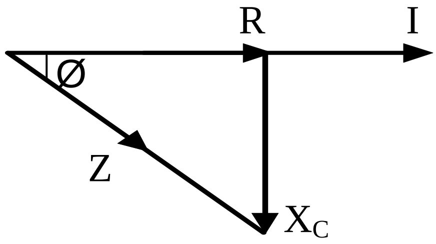
$$Z=\sqrt{R^2+X_L{}^2}$$

$$X_L=Z.\sin\phi$$

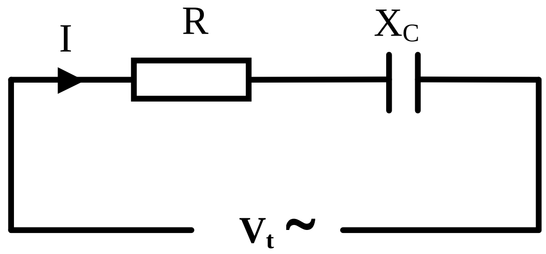
$$R=Z.\cos\phi$$

*** دائرة C , R :**

بنفس الطريقة السابقة



(ب)



(أ)

شكل(٤-١٤،أ،ب)

$$Z = \sqrt{R^2 + X_c{}^2}$$

$$R = Z.\cos\phi$$

$$X_C = Z.\sin\phi$$

مثال : في الدائرة الموضحة بشكل (٤-١٥) احسب :

أ- المعاوقة الكلية Z

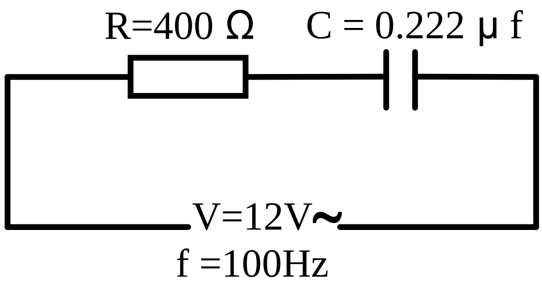
ب - شدة التيار I

جـ- زاوية الوجه ϕ

علما بأن:

الجهد = 12 فولت تيار متغير

التردد = 100 ذ / ث



شكل (٤- ١٥)

الحل

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi \times 100 \times 0.222 \times 10^{-6}} = 7170\,\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C{}^2} = \sqrt{(400)^2 + (7170)^2}$$

$$Z = 7181\Omega$$

$$I=\frac{V}{Z}=\frac{12}{7181}=0.00167\,A$$

$$I=1.67 \quad m.A$$

من مثلث الممانعات والمعاوقة

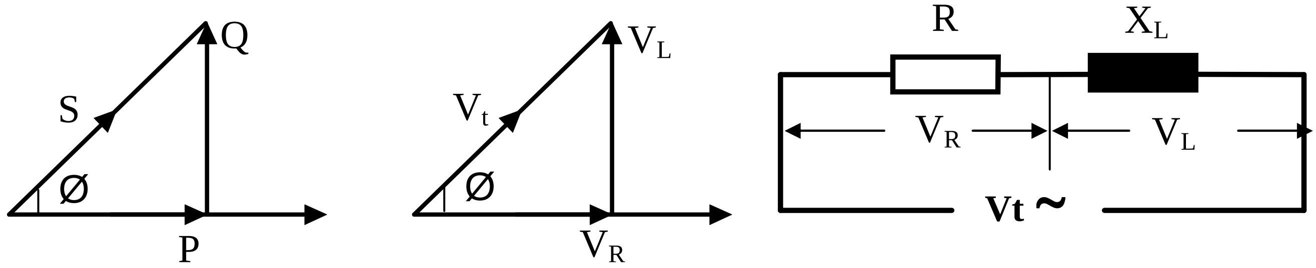
$$Cos\,\phi=\frac{R}{Z}$$

$$=\frac{400}{7181}=0.0557$$

$$\phi=Cos^{-1}\ 0.05577$$

$$\phi=86.81^{o}$$

*** توصيل مقاومة مادية وملف (ممانعة حثية) على التوالي وحساب (المعاوقة الكلية والمتجهات) :**



(أ) الدائرة **(ب) مثلث الجهود** **(جـ) مثلث القدرة**

شكل (٤-١٦)

كما في شكل (٤-١٦) الدائرة تحتوى على مقاومة مادية وملف على التوالي وشكل (٤-١٦) يبين رسم المتجهات الخاصة بهذه الدائرة فنجد أن الجهد على أطراف المقاومة V_R فى نفس إتجاه التيار ومتجه الجهد على اطراف الملف (V_L) متقدم عن التيار بزاوية قدرها ٩٠ ° والجهد الكلي V_t هو محصلة V_R , V_L من مثلث الجهود

$$V_t=\sqrt{V_R^{\ 2}+V_L^{\ 2}}$$

ومعامل القدرة جتا Ø = $\frac{\text{المجاور}}{\text{الوتر}}$ $\quad Cos\phi = \frac{V_R}{V_t}$

مثلث القدرة نحصل عليه بضرب أضلاع مثلث الجهد في التيار I كما بشكل (٤-١٦- جـ) .

أ- المركبة الأفقية تمثل القدرة الفعالة (المستهلكه) ويرمز لها بالرمز P وتميز بالوات

$$P = I^2 . R = V_R . I = V_t \ . I . Cos\phi = \sqrt{S^2 - Q^2}$$

ب- المركبة الرأسية تمثل القدرة الغير فعالة له (المسببة لانتاج المجال المغناطيسي والكهربي) ويرمز لها بالرمز Q وتميز بالفولت امبير غير فعال V . A . R

$$Q = I^2 \ X_C = V_L \ I = V_t \ I \sin\phi = \sqrt{S^2 - P^2} \qquad \text{V.A.R}$$

جـ المحصلة الكلية تمثل القدرة الكلية المرسلة من المحطة (المنبع) وتسمى بالقدرة الظاهرية ويرمز لها بالرمز S وتميز بالفولت . امبير (V . A) وهى:

$$S = I^2 . Z = V_t \ I = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

ملحوظة هامة : من مثلث القدرة نجد أن القدرة الفعالة تزيد كلما قلت زاوية الوجه Ø أى تزيد كلما كبر جيب تمام زاوية الوجه $(Cos\,\phi)$ وتصبح نهاية عظمى عندما يكون معامل القدرة الوحدة وتصبح القدرة الفعالة مساوية للقدرة الظاهرية P = S.

مثال : دائرة توالي مكونة من مقاومة وملف على التوالي موصلة بمصدر جهد متردد فإذا كان الجهد على المقاومة 30V والجهدعلى الملف 40 V احسب جهد المصدر المتردد

الحل :

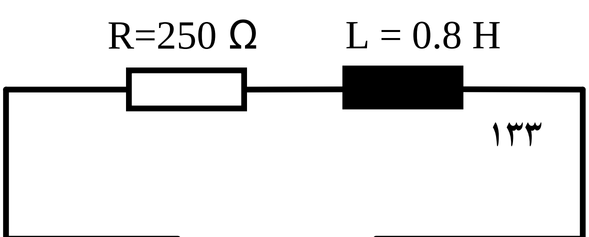
$$\because V_R = 30V \qquad V_L = 40V \qquad V_t = ?$$

$$V_t = \sqrt{{V_R}^2 + {V_L}^2} = \sqrt{(30)^2 + (40)^2} = 50V$$

مثال :

ملف ومقاومة متصلين على التوالي كما في الرسم بشكل (٤-١٧) احسب :

١- الممانعة الحثية للملف .



٢- المعاوقة الكلية .

٣ -شدة التيار الكلية .

$V_t = 42V \sim$
50Hz
شكل (٤-١٧)

الحل

$R = 250\,\Omega \qquad L = 0.8\,H \qquad X_L = ?$

$$X_L = 2\pi f \cdot L \quad = 2 \times \pi \times 50 \times 0.8 = 251\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_L}^2}$$

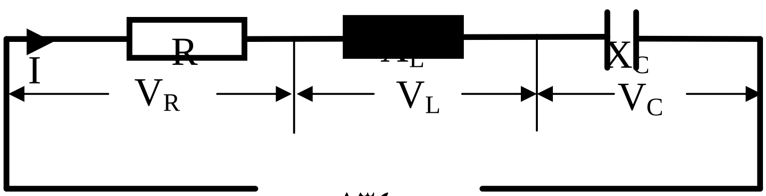
$$= \sqrt{(250)^2 + (251)^2} = 354\Omega$$

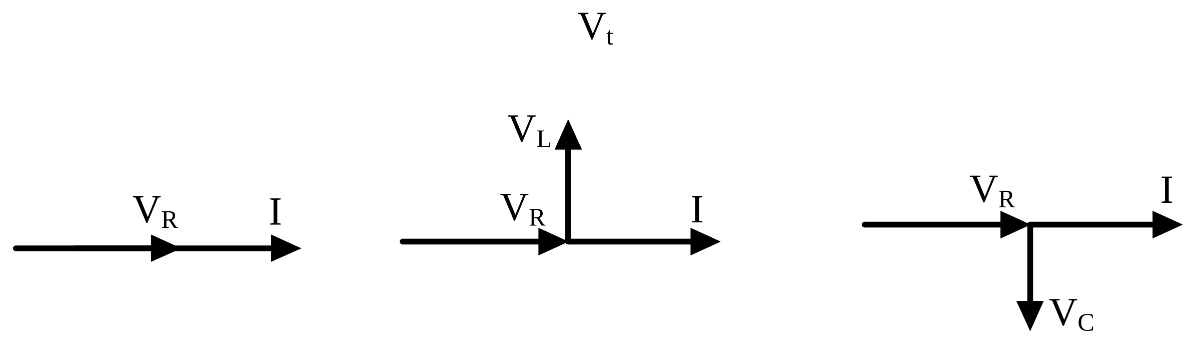
لحساب شدة التيار I

$$I = \frac{V_t}{Z}$$

$$= \frac{42}{354} = 0.118\,Ampers$$

*** توصيل المقاومة والملف والمكثف على التوالي وحساب المعاوقة والمانعة الكلية والمتجهات:**





(أ) (ب) (جـ)

شكل(٤- ١٨- أ – ب – جـ)

في هذا الدائرة:

١- التيار المار في الدائرة ثابت وهو يساوى I .

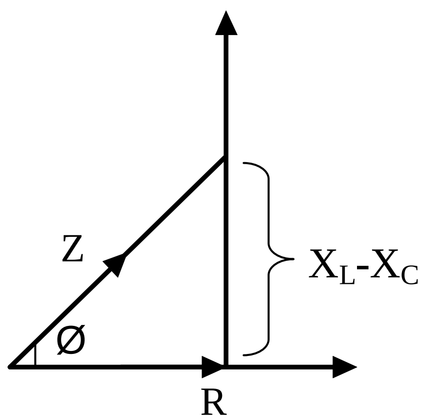
٢- التيار في نفس الوجه مع الجهد على طرفي المقاومة شكل (٤-١٨-أ) .

التيار يتأخر بزاوية ٩٠ ° عن الجهد على طرفي الملف شكل (٤-١٦ – ب) .

٤- التيار يتقدم بزاوية ٩٠ ° عن الجهد في المكثف شكل (٤-١٦-جـ) من ذلك يمكن رسم المتجهات لهذه الدائرة ورسم مثلث الجهود

من شكل (٤-١٨- أ ، ب)

$$Sin\phi = \frac{V_L - V_C}{V_t}$$



شكل (٤-١٩) مثلث المقاومات

رسم مثلث المقاومات شكل (٤-١٩) تم الحصول عليه من مثلث الجهود بقسمة قيم الجهود على التيار I فنحصل على مثلث المقاومات ومنه نستنتج المعاوقة الكلية Z

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(X_L - X_C\right)^2}$$

معامل القدرة للدائرة جتا Ø

$$Cos\phi = \frac{R}{Z}$$

قيمة المقاومة R

$$R = \frac{X_L - X_C}{\tan\phi}$$

ظل الزاوية = tanϕ

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

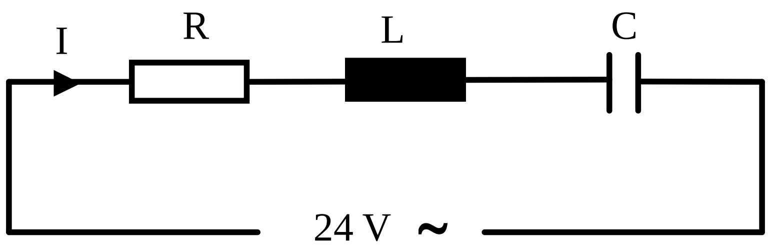
قيمة الممانعة $(X_L - X_c)$

$$X_L - X_C = Z \cdot Sin\phi = R \cdot \tan\phi$$

مثال :

في شكل (٤–٢٠) وصلت مقاومة ومكثف وملف على التوالي وكانت بيانات الدائرة كالتالي:

الجهد المسلط 24 V .



شكل (٤–٢٠)

التردد $f = 50\ H_Z$

سعة المكثف C $C = 2 \times 10^{-6}$ F

حث الملف L $L = 2.5$ H

المقاومة R $R = 120\,\Omega$

احسب أ – المعاوقة الكلية Z ب – شدة التيار I جـ– زاوية الوجه Ø

الحل :

$$X_L = 2\pi\ f \cdot L$$

$$= 2\pi(50)(2.5)$$

$$= 785\,\Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi f \cdot C} = \frac{1}{2\pi(50)(2\times10^{-6})}$$

$$= 1.59\times10^{3}\ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{(120)^2 + (785 - 1590)^2}$$

$$= 814\,\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{24}{814}$$

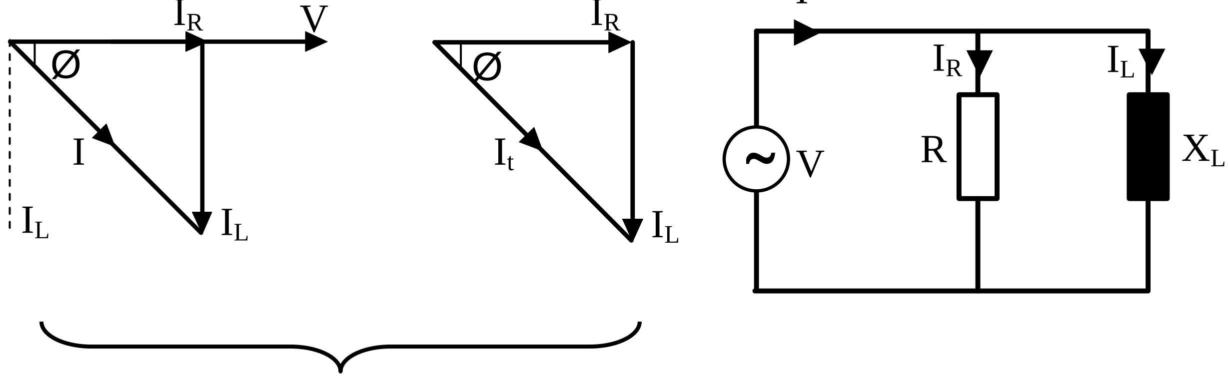
$$= 0.295\,A$$

$$Cos\,\phi = \frac{R}{Z} = \frac{120}{814} = 0.147$$

$$\phi = \cos^{-1} 0.147 = 81.5^{o}$$

٤- ٢- ٣ توصيل المقاومة والملف على التوازي :

شكل (٤-٢١) يوضح دائرة التيار المتردد التي تحتوى على مقاومة وملف على التوازى ومن الدائرة نجد أن التيار الكلي I ينقسم الى مركبتين احداهما التيار المار في المقاومة I_R والآخر التيار المار في الملف I_L وبرسم المتجهات نجد أننا نرسم متجه الجهد V للمنبع كأساس ونحصل على رسم المتجهات للتيارات كما بشكل (٤- ٢٢) .



شكل (٤-٢٢)　　　　　　　　　　شكل (٤-٢١)

ومن مثلث التيار نجد أن:

$$I^2 = I_R^2 + I_L^2$$

وذلك حسب نظرية فيثاغورث:

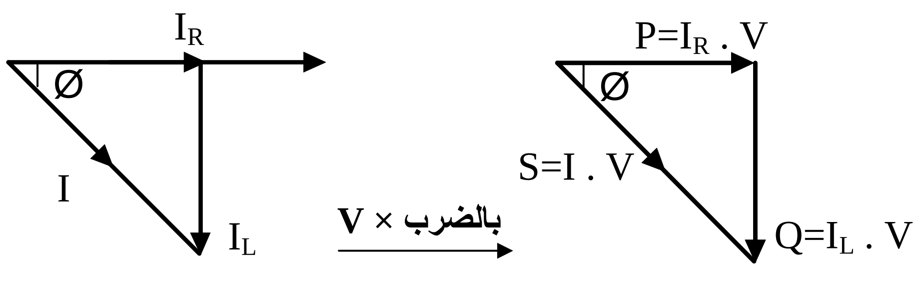
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

$$Cos\,\phi = \frac{I_R}{I}$$

ونجد أن التيار الكلي في الدائرة متأخر عن الجهد بزاوية (Ø)

مثلث القدرة :

ويمكن تعيين مثلث القدرة بضرب اضلاع مثلث التيار في قيمة الجهد كما في شكل (٤-٢٣)



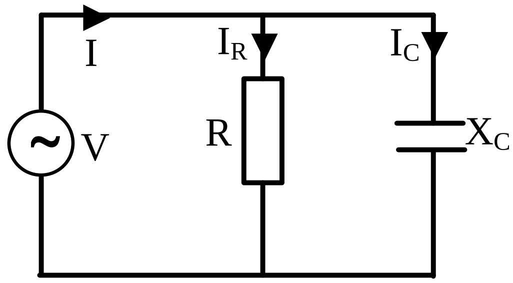
مثلث القدرة　　　　　　**مثلث التيار**

شكل (٤-٢٣)

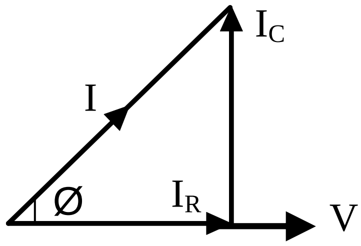
من مثلث القدرة

القدرة الفعالة	P	$P = I_R . V$	W
القدرة الغير فعالة	Q	$Q = I_L . V$	VAR
القدرة الظاهرية	S	$S = I . V$	VA

دائرة تحتوى مقاومة ومكثف على التوازى :



رسم الدائرة



رسم متجهات مثلث التيار

شكل (٤-٢٤)

شكل (٤-٢٤) يوضح دائرة التيار المتردد التي تحتوى مقاومة ومكثف توازى ورسم المتجهات ومن هذا الشكل يتضح أن التيار الكلي في الدائرة متقدم عن الجهد بزاوية مقدارها Ø

<u>وعلاقات التيارات كما يلي :</u>

$$I^2 = I_R^2 + I_c^2$$

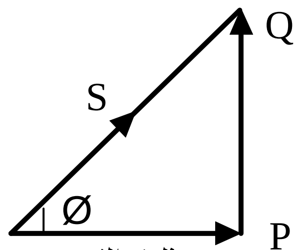
$$I = \sqrt{I_R^2 + I_c^2}$$

$$Cos\,\phi = \frac{I_R}{I}$$

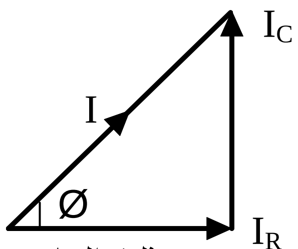
وبضرب مثلث التيار في الجهد نحصل على مثلث القدرة كما بشكل (٤-٢٥)

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$Cos\,\phi = \frac{P}{S}$$



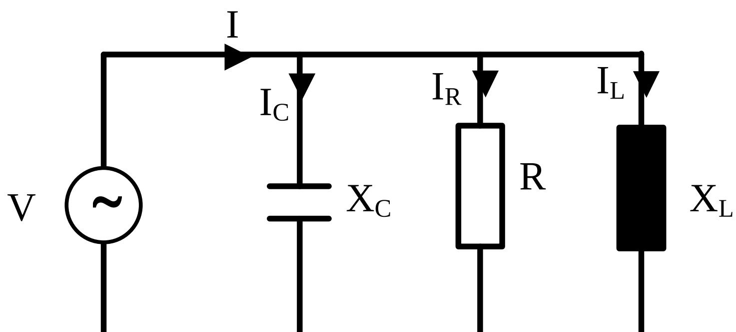
مثلث القدرة



مثلث التيار

شكل (٤-٢٥)

دائرة تيار متردد تحتوى على مقاومة وملف ومكثف على التوازى :



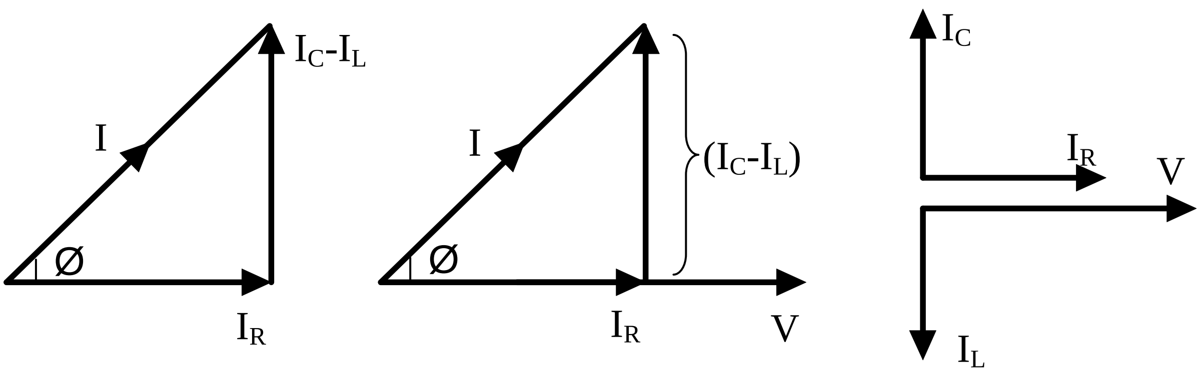
شكل (٤–٢٦) دائرة تحتوى على مقاومة وملف ومكثف على التوازي

هناك ثلاث حالات (١) $X_L > X_c$

(٢) $X_L = X_C$

(٣) $X_L < X_C$

برسم مثلث التيار والجهد شكل (٤–٢٧)



متجهات التيار والجهد حالة $I_C>I_L$ ب– محصلة التيار أ – مثلث التيار

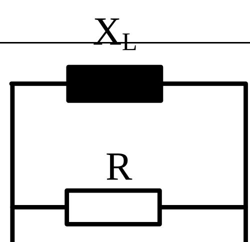
شكل (٤–٢٧)

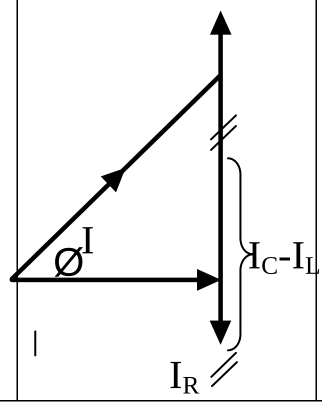
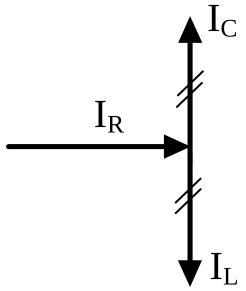
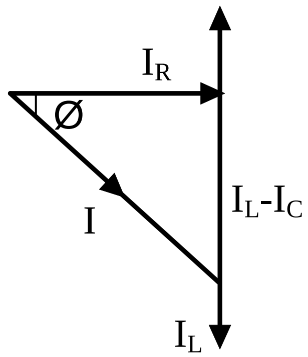
ومنها نحصل على التيار الكلي I

$$I=\sqrt{\left(I_R\right)^2+\left(I_c-I_L\right)^2}$$

$$Cos\,\phi=\frac{I_R}{I}$$

ملخص للحالات الممكنة في حالة دائرة التيار المتردد التي تحتوى على مقاومة ومكثف وملف على التوازي :

تركيب الدائرة	$X_L < X_C$	$X_L = X_C$	$X_L > X_C$
	التيار الكلي في	التيار الكلي في	التيار الكلي في الدائرة

	الدائرة يسبق الجهد بزاوية أقل من ٩٠° ونعامل الدائرة كأنها دائرة سعوية 	الدائرة في نفس زاوية الوجه مع الجهد ويعامل الدائرة كأنها ذات دائرة مقاومة مادية فقط 	متأخر عن الجهد بزاوية أقل من ٩٠ ° ونعامل الدائرة كأنها دائرة حثية 

استنتاج حالة الرنين في دوائر التوالي:

في حالة الدائرة المكونة من ملف X_L ومقاومة R ومكثف X_C على التوالي إذا كانت $X_L = X_C$ فإن الممانعة الكلية $Z = R$ ويصبح جهد الدائرة V منطبقاً في الوجه مع التيار I ويقال فى هذه الحالة أنها دائرة رنين .

استنتاج تردد الرنين في حالة التوالي :

$$X_L = X_C$$

ومنه

$$2\pi f \cdot L = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

$$(f)^2 = \frac{1}{4\pi^2 L.C}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

وترد الرنين f

وتُستعمَل هذه الدائرة عملياً في دوائر الراديو والتحكم الآلى

ملاحظات هامة :

إذا ذكر أن الدائرة في حالة رنين تكون التعبيرات الآتية صحيحة :

١- الاعاقة الكلية $Z = R$

٢- جهد المنبع = الجهد على أطراف المقاومة R

٣- معامل القدرة = الوحدة $Cos\,\phi = 1$

٤- زاوية الوجه للدائرة = صفر. $\phi = 0$

٥- القدرة الغير فعالة = صفر .

٦- التيار متوافق مع الجهد أو يقال في نفس الوجه

٧- القدرة الفعالة = القدرة الظاهرية

مثال : فى دائرة للرنين وجد أن معامل الحث للملف ٠.٠١ هنرى وأن سعة المكثف الذى يحدث الرنين هو ١٠٠ ميكروفاراد . احسب تردد الرنين

الحل:

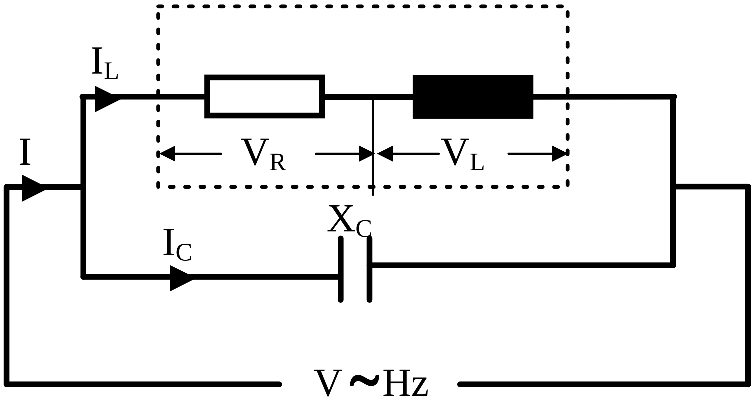
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{0.01 \times 100 \times 10^{-6}}} = 159\,H_Z$$

استنتاج حالة الرنين في دوائر التوازي :

تتكون دائرة الرنين على التوازي من ملف موصل على التوازي مع مكثف وعموماً الملف غير مثالي فيمكن تمثيل الملف بمحاثة + مقاومة مادية أى X_L مع التوالي مع المقاومة المادية R كما بشكل (٤- ٢٨)

R X$_L$



شكل (٤- ٢٨)

ومنها نحصل على تردد الرنين في حالة التوازي (بدون برهان)

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

جدول مقارنة بين خصائص دائرة رنين التوالي ودائرة رنين التوازي

أوجه المقارنة	دائرة التوالي	دائرة التوازى
١- عند الرنين المعاوقة	قيمة صغرى	قيمة عظمى

٢- المعاوقة	R	$\frac{L}{C.R}$ وتسمى الاعاقة الديناميكية
٣- التيار عند الرنين	قيمة عظمى = $\frac{V}{R}$	قيمة صغرى = $\frac{V}{\frac{L}{R.C}}$
٤- معامل القدرة عند الرنين	$Cos\,\phi = 1$	$Cos\,\phi = 1$
٥- تردد الرنين	$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$	$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{L.C} - \frac{R^2}{L^2}}$
٦-الكمية المكبره بالدائرة	التيار	الجهد

تذكر (التيار المتردد)

- التيار المتغير هو تيار متغير فى القيمة والإتجاه مع تكرار نفسه دورياً مع مرور الزمن
- يعرف التردد بأنه عدد الذبذبات أو الموجات فى الثانية الواحدة ويرمز له بالرمز f
- الزمن الدورى هو الزمن بالثانية الذى تستغرقه الذبذبه الواحدة ويرمز له بالرمز T
- القيمة العظمى للجهد أو التيار عندها زاوية القطع °٩٠ كهربية أى يكون مستوى الملف عموديا على مستوى خطوط المجال المغناطيسى
- حسابات دوائر التيار المتردد مبنية على استعمال القيمة الفعالة وهى القيمة التى تبينها أجهزة القياس للتيار المتردد
- معامل الشكل هو النسبة بين القيمة الفعالة والقيمة المتوسطة
- الهنرى : هو الاستنتاج النفسى لملف عندما يستنتج به ق.د.ك واحد فولت عندما يكون معدل التيار بالنسبة للزمن واحد أمبير/ثانية
- عند توصيل مقاومة مادية بجهد تيار متردد فإن التيار يتفق مع الجهد والزاوية بينهما=صفر
- عند توصيل ملف حثى بجهد تيار متردد فإن التيار يتأخر عن الجهد بزاوية °٩٠
- عند توصيل مكثف بجهد تيار متردد فإن التيار يتقدم عن الجهد بزاوية °٩٠
- من مثلث القدرة نجد أن القدرة الفعالة تزيد كلما قلت زاوية الوجه ϕ
- التردد فى حالة رنين التوالى $$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$
- التردد فى حالة رنين التوازى $$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

أسئلة على الباب الرابع

١- يستخدم الجهد المتردد في المنازل والمصانع في مصر بتردد ٥٠% ذبذبة /ث ماذا يعنى ذلك ؟

٢- اشرح مع رسم بسيط كيفية توليد الموجه الجيبية .

٣- عرف كل مما يأتى :

(أ) الدورة (ب) التردد (جـ) الزمن الدورى (د) زاوية الوجه

٤- عرف كلاً من القيم الآتية للقوة الدافعة الكهربية ذات الموجه الجيبية .

١- القيمة اللحظية ٢- القيمة المتوسطة ٣- القيمة العظمى .

٥- وضح بالرسم - (بالمتجهات والمنحنيات) الزاوية بين كل من التيار المار بملف حثى والجهد المسلط على طرفيه .

٦- أوجد الممانعة الحثية X_L لملف حثة الذاتي 0.05 H إذا علم أن تردد المنبع 50Hz ثم إحسب ممانعته عند تردد 120 Hz وماذا تستنتج .

٧- أوجد الممانعة السعوية X_C لدائرة تيار متردد بها مكثف فقط سعته 400 μf إذا علم أن التردد 50 Hz . ثم أوجد ممانعته إذا زاد التردد إلى 300 Hz وماذا تستنتج .

٨- مقاومة مادية 80 Ω أوم وملف حثه 240 ميللي هنرى وصلا على التوالي بمنبع 220 فولت ، 50 ذ/ث إحسب :

أ- الممانعة الحثية للملف ب - شدة التيار

جـ- المعاوقة د - زاوية الوجه بين الجهد والتيار .

(الجواب 43.34^o ، 110 Ω ، 2A ، 75.4 Ω)

٩- وصلت مقاومة مادية وممانعة استنتاجية بالتوالي خلال منبع جهده 240 فولت فإذا كان الجهد على الممانعة الاستنتاجية 185 فولت احسب :

أ- الجهد الواقع على المقاومة المادية التي قيمتها 25Ω

ب- مقدار الممانعة الحثية .

الجواب (30.25 Ω ، 152.9 V)

١٠- مكثف سعتة 8 ميكروفاراد وصل بالتوالي مع مقاومة أومية 60 أوم بمنبع جهده 220 فولت 50 هرتز أوجد :

أ- الممانعة السعوية ب- المعاوقة جـ - التيار

د - القدرة الفعالة هـ- القدرة الغير فعالة .

الجواب (398 Ω – 402.5 – 0.547 A – 17.93 W – 119 VAR)

١١-مكثف سعته 2 ميكروفاراد . وملف حثه 2.5 هنرى ومقاومته الأومية 120 أوم وصلا بالتوالي بمنبع جهده 24 فولت وتردده 50 هيرتز.

إحسب :

(أ) معاوقة الدائرة (ب) التيار

(جـ) معامل القدرة (د) تردد الرنين

الجواب (814Ω , 29 m.A ,0.147, 71.2 Hz)

١٢- دائرة رنين تحتوى على ملف 160 مللي هنرى ومقاومة أوميه 150 أوم متصلين بالتوازى بمكثف سعته 22 نانو فاراد - فإحسب تردد الرنين

الجواب (45 M. Hz)

١٣-مقاومة مقدارها 12 أوم وملف حثه الذاتي 0.15 هنرى ومكثف سعته 100 ميكروفاراد وصلت على التوالي عبر منبع جهده 100 فولت وتردده 50 ذ/ ث

احسب ما يأتي :

أ - معاوقة الدائرة ب- التيار المار بالدائرة .

جـ- زاوية الوجه بين التيار وجهد المنبع د - معامل القدرة .

الاجابة (19.44 ، 5.14 أمبير ، 51.88° ، 0.6173 تأخر)

١٤-أذكر خواص دائرة رنين التوالي ؟

١٥- قارن بين دائرة رنين التوالي ودائرة رنين التوازي من حيث التيار عند الرنين - الاعاقة عند الرنين - معامل القدرة عند الرنين - تردد الرنين .

١٦-دائرة رنين توازى بها مكثف (4 μF) بالتوازى مع ملف حثى مقاومته المادية (50Ω) والحث الذاتي له (0.25 H) وصلت الدائرة بمنبع (110 V)

فإحسب :

أولاً : تردد الرنين.

ثانياً : معاوقة الدائرة عند هذا التردد

ثالثا : شدة التيار المسحوب من الدائرة .

الجواب (F = 156 Hz ، المعاوقة 1250 Ω ، شدة التيار 0.08 أمبير)

الباب الخامس

أشباه الموصلات

٥- ١ مقدمة :

٥- ٢ دراسة تركيب وخواص وإستخدام كل من :

ثنائي الوصلة

ثنائي الزينز

الترانزستور(NPN , PNP)

ترانزسور تأثير المجال MOSTET – JFET

الترانزستور احادى الوصلة UJT

الداياك

الترياك

ثنائي الفاركتور

ثنائي الثيرستـور SCR

وصلات أشباه الموصلات

Semiconductor Devices

٥-١ مقدمة :

تنقسم المواد من حيث توصيلها للتيار الكهربي إلى ثلاثة أنواع هي :

١- الموصلات Conductors

وهى مواد جيدة التوصيل لوفرة الالكترونات الحرة بها ومن أمثلتها الفضة والنحاس الألمونيوم ، الحديد ، الذهب ... الخ .

٢- المواد العازلة Insulators

وهى مواد لا تحتوى إلا على عدد ضئيل من الالكترونيات الحرة حيث يصعب التعرف على حركتها عملياً ومن أمثلتها المطاط والخزف والزجاج والورق .... الخ.

٣- المواد الشبه موصلة Semiconductors

وهى مواد تقع بين حدود الموصلات والعوازل ومن أمثلتها الجرمانيوم والسليكون وهذه المواد لها صفات معينة مثل :

أ- تكون عازلة تماماً في حالتها النقية عند درجة حرارة الصفر المطلق .

ب-تكون موصلة بصورة رديئة في حالتها النقية عند درجة الحرارة العادية .

جـ- تزداد درجة توصيلها بإضافة مواد أخرى .

د - تتحسن قابليتها للتوصل بإرتفاع درجة حرارتها .

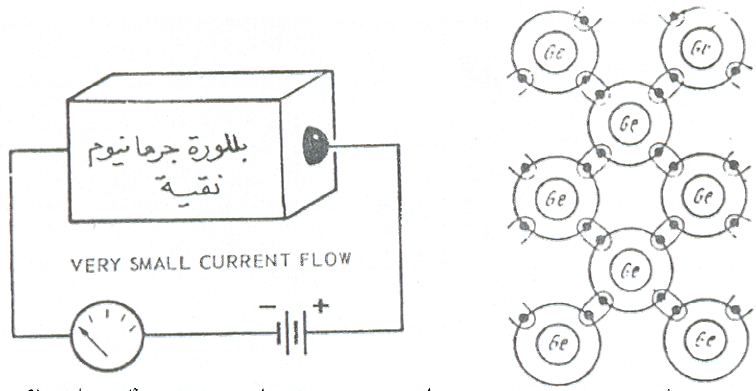
*** بللورة شبه الموصلة النقية :**

يتبلور كل من الجرمانيوم والسيليكون على هيئة التشابك الإنشائي للماس وكلاهما مادة صلدة قابلة للكسر ويستخدم كل من الجرمانيوم والسيليكون في صناعة الثنائيات والترانزستور والدوائر المتكاملة وسوف نتعرض للجرمانيوم والسيليكون كمادة شبه موصلة واستخداماتها .

*** بللورة الجرمانيوم النقية :**

تترابط ذرات الجرمانيوم مع بعضها لتكون بللورة جرمانيوم نقية حيث ترتبط كل ذرة مع أربع ذرات مجاورة برابطة تساهمية مشتركة لتأخذ كل ذرة أربع الكترونات من ذرات مجاورة وتعطى الكتروناتها الأربع في أربع روابط كما بالشكل (٥-١)

وهذه البللورة تكون رديئة التوصيل في درجة الحرارة العادية .



ترابط ذرات الجرمانيوم ببعضها — يمر تيار صغير جدا عند درجة حرارة الغرفة

شكل (٥- ١)

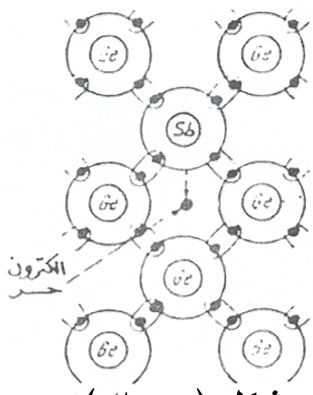
بللورة الجرمانيوم السالبة من النوع N

لزيادة درجة توصيل بللورة الجرمانيوم النقية يضاف الى البللورة قليل من الشوائب فعند إضافة مادة خماسية التكافؤ كالزرنيخ أو الفوسفور فإن أربعة ذرات من الجرمانيوم تتشارك مع ذرة الزينج في اربعة روابط مشتركة ويبقى الكترون من ذرة الزرنيخ حر هذا الالكترون يكون غير مستقر فيحاول الدخول في رابطة ويطرد الكترون من أحد الروابط وهكذا تصبح هناك حركة للإلكترونات السالبة ويكون عدد الشحنات السالبة اكبر من الموجبة لذا تسمى بللورة

سالبة كما في شكل (٥-٢) ، شكل (٥-٣)

بلورة جرمانيوم

نوع P

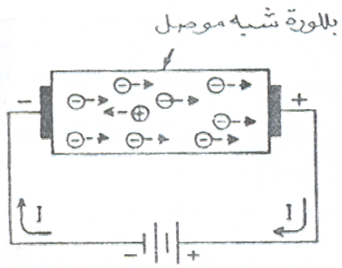


شكل (٥- ٢)

توصيل التيار

يكون عن

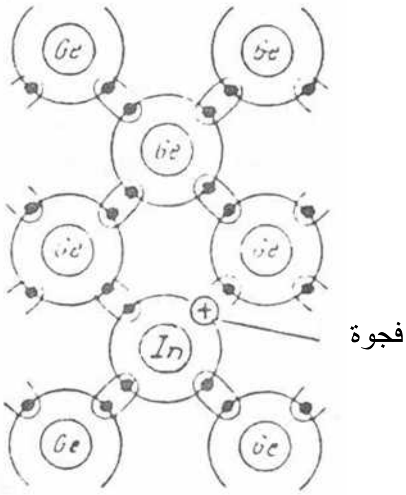
طريق الالكترونات



شكل (٥- ٣)

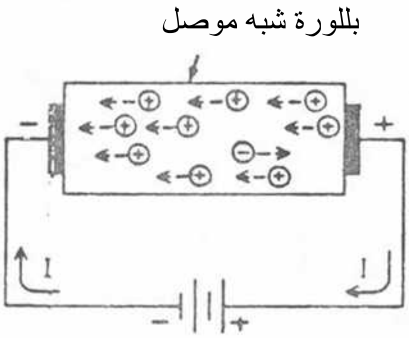
بللورة جرمانيوم موجبة من النوع P :

عند إضافة شائب ثلاثى التكافؤ مثل الانديوم أو الألومنيوم إلى بللورة الجرمانيوم النقية يتحد مع ذرات الجرمانيوم في ثلاث روابط وتبقى الرابطة الرابعة ناقصة الكترون ويصبح مكانه فجوة Hole يحاول احد الالكترونات مليء هذه الفجوة فيترك مكانه متحركاً اليها تاركاً مكانة فجوه وهكذا تتحرك الفجوات ظاهرياً ويكون عدد الشحنات الموجبة اكبر من السالبة لذا تسمى البللورة الموجبة P ، الشكلان (٥-٤) ، (٥-٥) يبينان بللورة جرمانيوم موجبة .



بلورة جرمانيوم نوع P

شكل (٥- ٤)



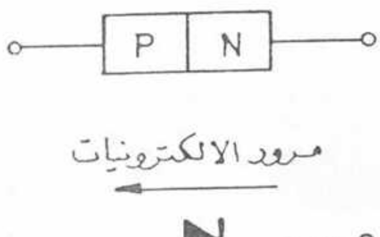
توصيل التيار يكون عن طريق الفجوات

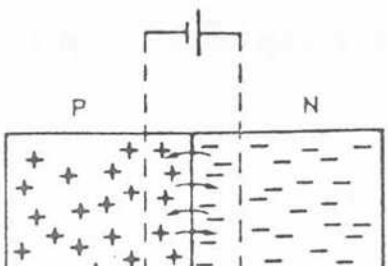
شكل (٥-٥)

٥-٢ دراسة تركيب وخواص وإستخدام كل من :

*** ثنائي الوصلة : Diode**

عند توصيل بللورة جرمانيوم نوع P وبللورة أخرى نوع N كما بالشكل (٥-٦) ويسمى سطح الاتصال بين البللورتين بالوصلة ، وعندها تنجذب الالكترونات الى الفجوات من البللورة N عبر سطح الإتصال الى البلورة P لمليء الفجوات والعكس بالعكس وينتج منطقة فارغة من حاملات التيار على جانبى الوصلة تسمى المنطقة القاحلة أو المنزوحة Depletion Area ويتكون جهد على طرفي هذه المنطقة يسمى بالجهد الحاجز يكون 0.7 V لوصلة السيليكون و0.3V لوصلة الجرمانيوم والشكل (٥-٦) يبين تكوين الوصلة الثنائية وتكوين الجهد الحاجز عن طرق الانتشار عبر الوصلة والشكل (٥-٧) يبين رمز ثنائي الوصلة واتجاه مرور التيار والإلكترونات.





شكل (٥-٦) تكوين الوصلة الثنائية   شكل (٥-٧) الثنائى البلورى

تكوين الجهد الحاجز عن طريق الانتشار عبر الوصلة واتجاه مرور التيار والالكترونات

* إنحيازات الثنائي Diode Bias

يتم الحصول على إنحيازات الثنائي عن طريق توصيل بطارية (- ، +) على طرفي الدايود الثنائي

أ - الإنحياز (التوصيل) الأمامي : Forward Bias

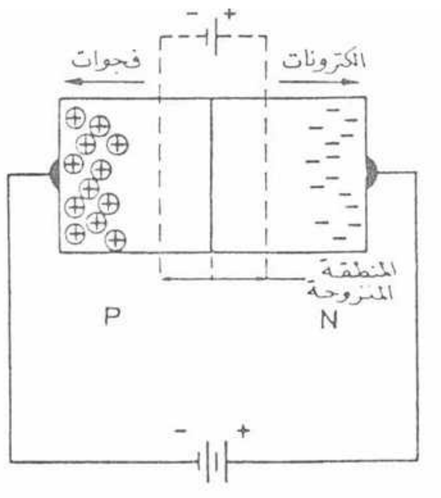
عند توصيل موجب البطارية مع طرف P للدايود ، وسالب البطارية مع طرف N للدايود يكون التوصيل أمامي وفيه تنجذب الإلكترونات إلى القطب السالب للبطارية عبر الوصلة وكذا تنجذب الفجوات الى قطب البطارية السالب عبر الوصلة .وهنا يقل عرض المنطقة القاحلة ويقل الجهد الحاجز وتقل مقاومة الدايود الثنائي ، فيمر تيار من الإلكترونات الى الدائرة الخارجية وعليه يمر تيار كهربي كبير الى الدائرة الخارجية ويكون فرق الجهد على طرفي الدايود صغير والشكل (٥-٨) يبين اتجاهات الالكترونات والتيار .

ب- الإنحياز (التوصيل) العكسى : Reverse Bias

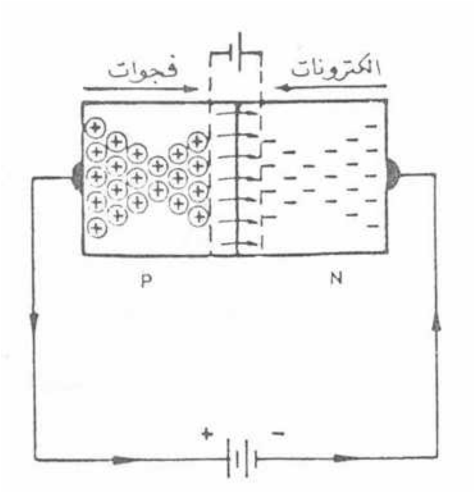
وفيه يتم توصيل سالب البطارية بالطرف N للدايود p وموجب البطارية بالطرف N فيحدث تنافر وتتجه الإلكترونات والفجوات بعيداً عن طرفي البطارية وتزيد عرض المنطقة القاحلة

فيزيد الجهد الحاجز وتزيد مقاومة الوصلة ويمر تيار صغير جداً وهذا يعنى زيادة فرق الجهد على طرفي الدايود والشكل (٥-٩) يبين اتجاهات الالكترونات والتيار

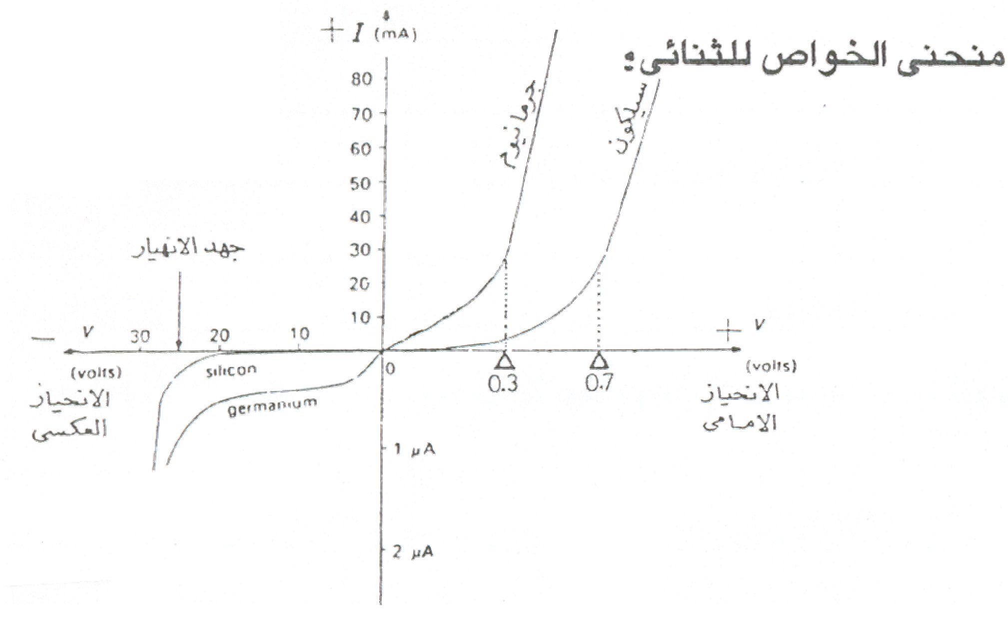
والشكل (٥-١٠) يبين منحنى الخواص للثنائي وفيه يتضح أن التيار في الاتجاه الأمامي كبير عند جهد صغير لصغر مقاومة الدايود (الثنائي) بينما في الإتجاه العكس يكون التيار صغير جداً عند جهد عالي وعند جهد معين (يسمى جهد الانهيار Breakdown voltage) ينهار الدايود ويصبح موصل وتختلف قيمة هذا الجهد على حسب نوع المادة للموحد (الثنائي) حيث تكون قيمة التيار العكسي لثنائي الجرمانيوم اكبر بالمقارنة بثنائي السليكون .



شكل (٥-٩) الانحياز العكسى



شكل (٥- ٨) الانحياز الامامى



شكل (٥-١٠) منحنى الخواص لثنائى شبه الموصل

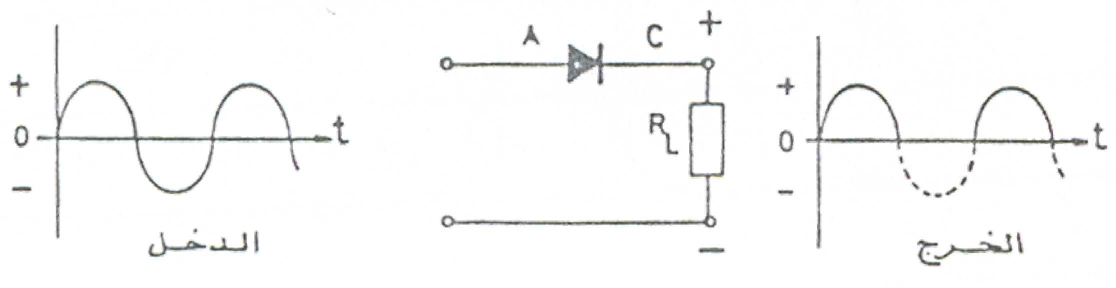
* **استخدامات ثنائي الوصلة (الموحد)**

يستخدم الموحد في عملية تحويل التيار المتغير الى تيار مستمر (عملية التوحيد) ودوائر مضاعفة الجهد في البوابات المنطقية Logic gates ، قص جزء من إشارة ، وكشف الموجه الحاملة في أجهزة الاتصالات للراديو والتليفزيون .

وسوف نتعرض فقط لدوائر توحيد التيار وهى تحويل التيار المتغير إلى مستمر باستخدام الموحدات .

* **دائرة توحيد نصف الموجه : Half wave Rectifier**

الشكل (٥-١١) يبين طريقة توصيل الدايود للحصول على توحيد نصف موجه وفيه نلاحظ أنه عند نصف الموجه الموجب للدخل يكون الموحد في حالة توصيل امامي فيمر تيار بالموحد ويكون الخرج نصف موجه موجب وعند نصف الموجه السالب للدخل يكون الموحد فى حالة توصيل عكسى فلا يمر تيار ويكون الخرج صفراً وهكذا يمر خلال الموحد نصف الموجه الموجب فقط (وتكون القيمة المتوسطة لجهد الخرج $V_{Av} = \frac{V_P}{\pi}$ أى تساوى ٠.٦ من القيمة العظمي لجهد الدخل تقريبًا) .

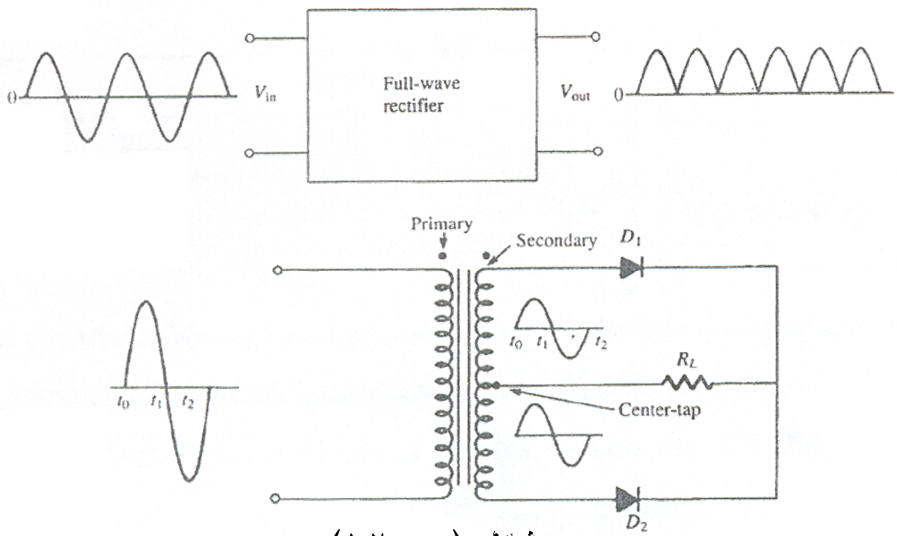


شكل (٥-١١) استخدام الثنائى فى توحيد التيار المتردد

* **دائرة توحيد الموجه الكاملة Full Wave Rectifier**

الشكل (٥-١٢) يبين دائرة توحيد موجه كاملة وفيها يتم استخدام محول ذو نقطة متوسطة في الثانوى فعند نصف الموجه الموجب للدخل يكون الموحد في توصيل أمامي ويمرر نصف الموجه بينما يكون D_2 في وضع عكسى ويكون خرجه صفراً .

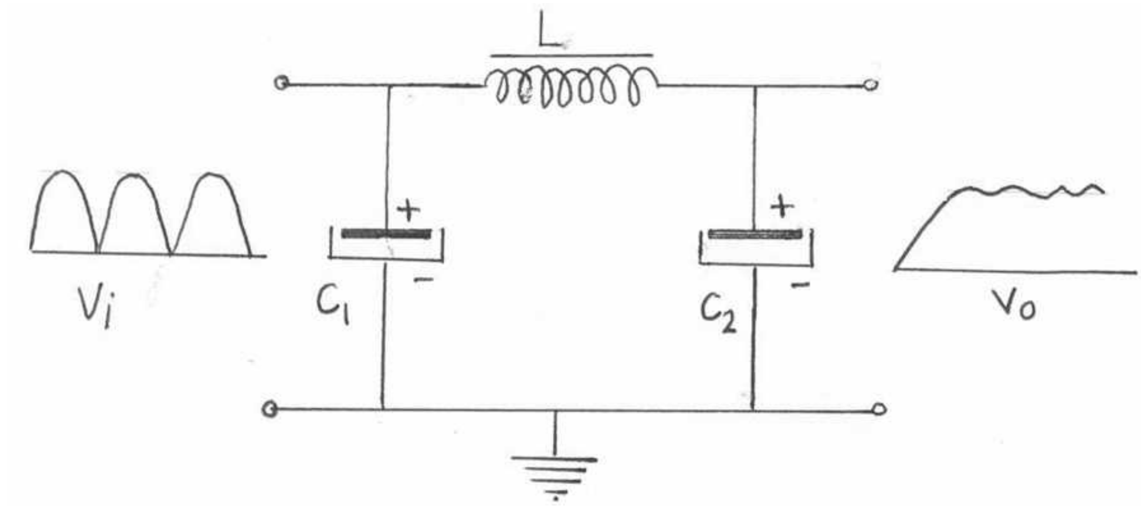
وعند نصف الموجه السالب للدخل يصبح D_2 في توصيل أمامي فيمرر نصف الموجه السالب للدخل ويكون الخرج في إتجاه موجب وهكذا يتم توحيد إتجاه نصفي الموجه . ويمكن استخدام اربعة موحدات توصل على هيئة قنطرة .



شكل (٥-١٢)

*** دوائر التنعيم Smoothing Circuits**

يلاحظ أن خرج دوائر التوحيد السابقة عبارة عن انصاف موجات موحدة الإتجاه متغيرة القيمة ولتحويلها الى تيار مستمر موحد القيمة والإتجاه يستخدم لتوحيد القيمة دوائر التنعيم وشكل (٥-١٢) يبين دائرة تنعيم بإستخدام مكثفين كيميائين وملف خانق للتيار المتغير وعن طريق شحن وتفريغ المكثفات والملف يمكن تحويل التيار المتغير القيمة إلى تيار مستمر.

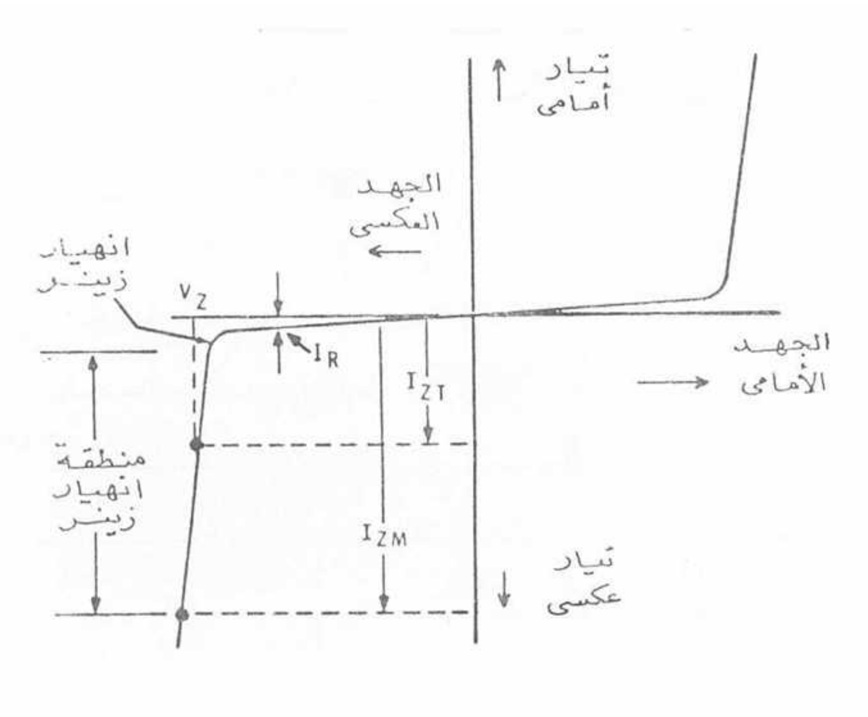


شكل (٥-١٣)

* ثنائى الزينر : Zener Diode

ثنائى الزينر هو وصلة PN مصنوعة من السيليكون تختلف عن دايود التوحيد في أن عملها مسموح به عند نقطة الإنهيار بدون حدوث أى مشاكل . وجهد الإنهيار يضبط عن طريق كمية المادة (الشائبة) المضافة إلى السيليكون لتحويله الى بللورة N أو P أثناء التصنيع .

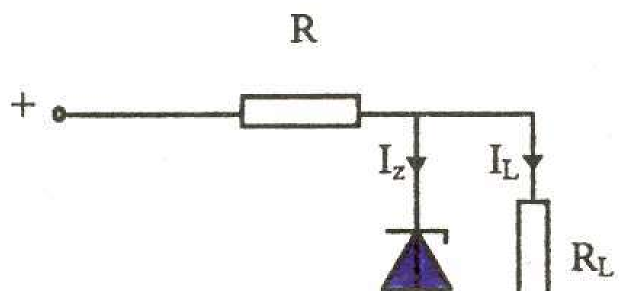
ويوجد نوعين من جهد الانهيار للزينر دايود أحدها يحدث عند جهود عالية وهو ما يسمى Avalanch Breakdown والآخر عند جهود منخفضة وهو ما يسمى Zener Breakdown وثنائي الزينر متوفر تجارياً بجهود تتراوح من ١.٨ فولت إلى ٢٠٠ فولت وعند تقليل جهد الإنحياز العكسي يخرج الزينر من مستوى الانهيار الى مستوى التشبع ويحدث ذلك العديد من المرات دون تلف الثنائى ويجب أن لا يزيد التيار المسلط عن التيار المقنن له حتى لا يتلف .



* استخدامات الزينر :

تستخدم ثنائيات الزينر كمنظمات للجهد وتستخدم أيضاً في دوائر تشكيل الموجه .

الشكل (٥–١٥) يبين توصيل الزينر بالتوازي مع الحمل لتنظيم الجهد المغذى للحمل .

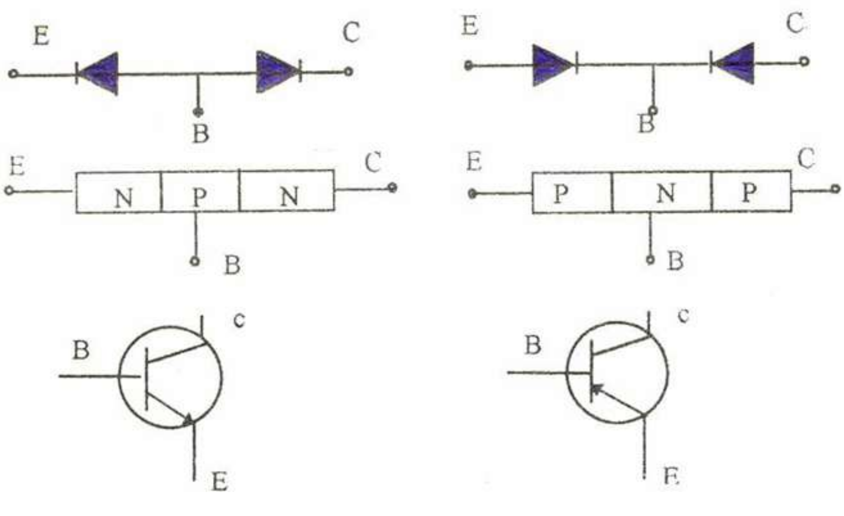


شكل (٥-١٥) يبين توصيل الزينر كمنظم جهد

ويتم تنظيم الجهد كالاتي : في حالة جهد الدخل V_{in} غير ثابت . فإنه عند زيادة جهد الدخل V_{in} يزيد تيار الزينر فيحدث زيادة الجهد المفقود في المقاومة R بما يعادل الزيادة في جهد الدخل V_{in} تقريباً . ويظل الجهد على طرفى الزينر ثابت . ويحدث العكس عند إنخفاض قيمة جهد الدخل V_{in} يقل تيار الزينر ويقل الفقد في R ويظل جهد الخرج ثابت.

*** الترانزستور (BJT) Bipolar Junction Trensistor**

يتكون الترانزستور من ثلاثة أجزاء من أشباه الموصلات P, N يتم ترتيبها PNP أوNPN للحصول على ترانسستور PNP وآخر NPN كما بالشكل (٥- ١٦) ومبدأ التشغيل للنوعين واحد ولكن الإختلاف في طريقة توصيل الجهد المستمر اللازم لتوفير جهد الإنحياز والترانزستور يكافيء ثنائيين متصلين عكس بعضهما .



ترانزستور PNP ترانزستور NPN

شكل (٥-١٦) يبين نوعى الترانزستور

ومن الشكل يتضح أن للترانزستور ثلاثة أقطاب

(١) المشع Emitter (E)

(٢) القاعدة Base (B)

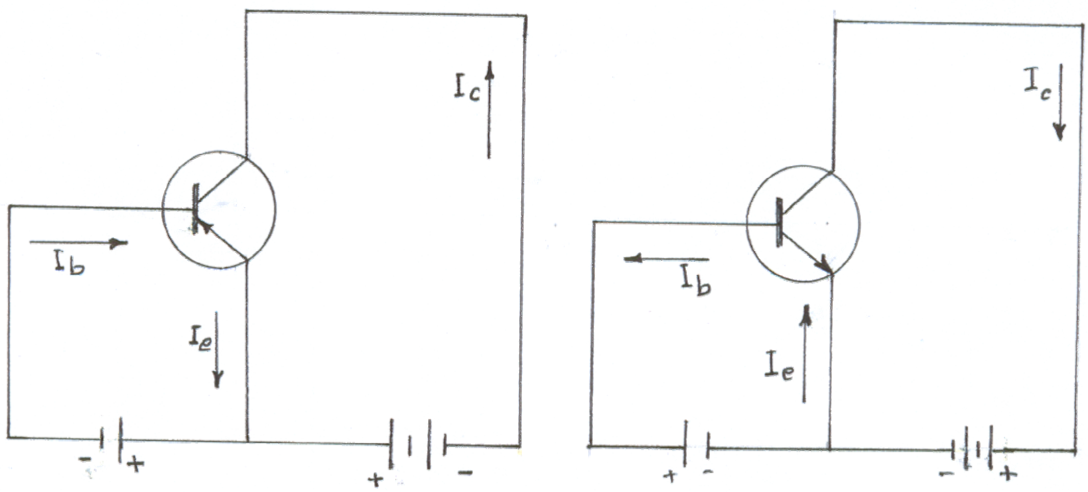
(٣) المجمع Collector (C)

والمجمع يكون غالباً أكبر حجماً ومساحة من المشع أما القاعدة فهى رقيقة جداً ويطلق علي هذا النوع إسم الترانزستور ثنائي القطبية bipolar Transistor وذلك لأن طريقة عمله تعتمد على فعل متبادل بين نوعين من حاملات الشحنة (الإلكترونات والفجوات) .

*** إنحياز الترانزستور Transistor Biasing**

يجب عند توصيل الإنحيازات اللازمة لتشغيل الترانزستور مراعاة أن تكون دائرة الدخل (وصلة المشع / قاعدة) ذات إنحياز أمامي . وأن تكون دائرة الخرج (وصلة المجمع / قاعدة) ذات إنحياز عكس .

والشكل (٥-١٧) يوضح طريقة توصيل إنحيازات ترانزستور NPN , PNP . ونتيجة للإنحياز الامامي لدائرة الدخل يمر تيار I_B في القاعدة ولوجود الجهد العكسي العالي على المجمع فإنه يمر تيار كبير في دائرة المشع المجمع خلال بطاريات التغذية وترتبط تيارات الترانزستور بالعلاقة $I_E = I_B + I_C$ وعادة ما يكون I_B صغير جداً بالميكرو أمبير ومن العلاقة السابقة يتضح أن تيار المجمع كبير وأى تغيير في إنحياز المشع / قاعدة ينتج عنه تغير تيار المشع وبالتالي تيار المجمع .



شكل (٥- ١٧) انحيازات الترانزستور

*** توصيل الترانزستور في الدائرة :**

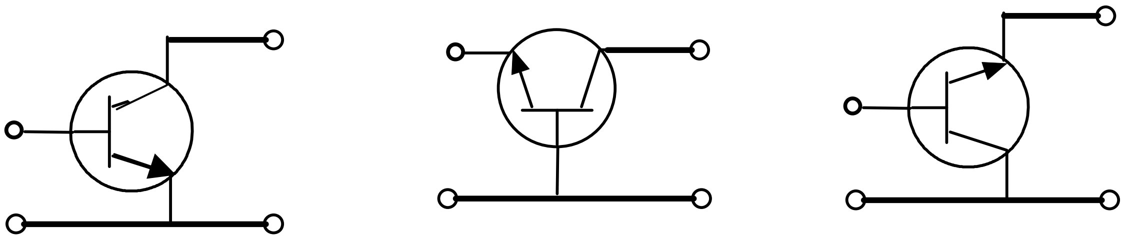
عند توصيل الترانزستور في الدائرة يكون أحد أطرافه الثلاثة يمثل الدخل والثاني الخرج والطرف الآخر مشترك وبذلك يوصل الترانزستور بثلاث طرق هي :

(١) القاعدة المشتركة Common Base ، (٢) المشع المشترك Common Emitter

(٣) المجمع المشترك Common Collector والشكل (٥-١٨) يبين هذه الطرق وأكثرها انتشارًا هو طريقة المشع المشترك حيث لها كسب قدره أكبر من الحالتين الاخريين .

كما أن فيها الفرق بين مقاومتى الدخل والخرج أقل وكسب التيار فيها(بيتاً β) وهو النسبة بين تيار المجمع I_C وتيار القاعدة ($\beta = \frac{I_c}{I_B}$) ويكون أكبر من الواحد الصحيح .

بينما الكسب في حالة القاعدة المشتركة (ألفا α) وهو النسبة بين تيار المجمع وتيار المشع ($\alpha = \frac{I_C}{I_E}$) وتكون أقل من الواحد الصحيح.



طريقة المجمع المشترك   طريقة القاعدة المشتركة   طريقة المشع المشترك

شكل (٥-١٨)

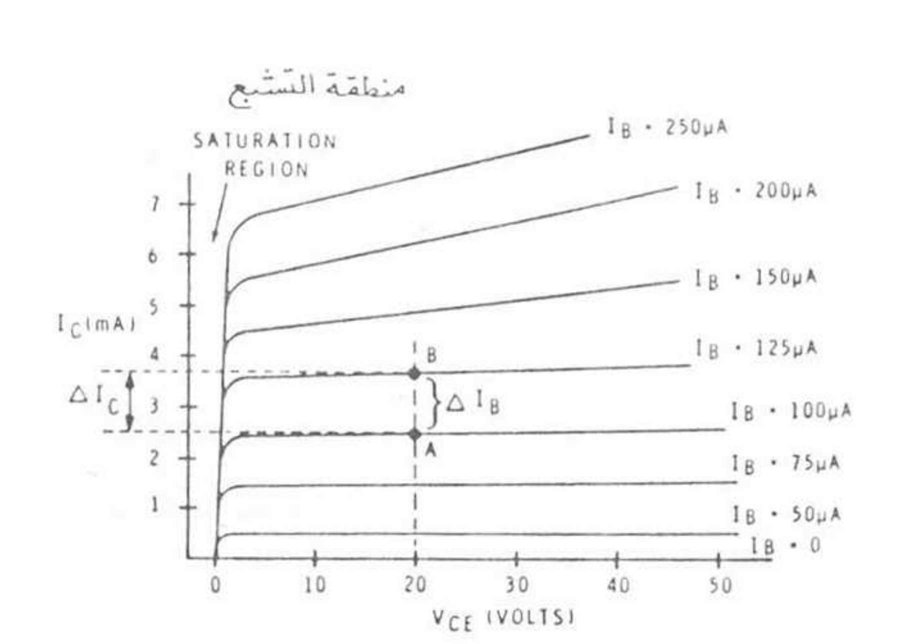
*** منحنيات خواص الترانزستور :**

سنكتفي بدراسة منحنيات خواص الترانستور الموصل بطريقة المشع المشترك .

منحنيات خواص الخرج :

الشكل (٥-١٩) يبين العلاقة بين الجهد V_{CE} (الجهد بين المجمع والمشع) ويبين تيار المجع (I_C) وذلك عند ثبات تيار القاعدة (I_B) ويتم ذلك بتغيير الجهد V_{CE} وعند كل تغير يسجل V_{CE} ، I_C.

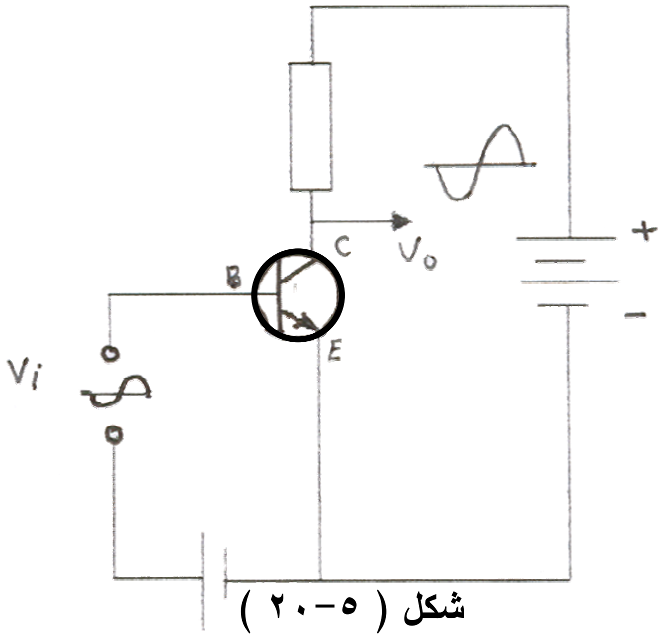
ومن هذه القيم يتم رسم المنحنى ويمكن رسم منحنيات أخرى عند قيم أخرى لتيار القاعدة كما بالشكل ويلاحظ أنه من المنحنى يمكن حساب التكبير β وكذا حساب ثوابت الترانزستور .



شكل (٥-١٩) مجموعة نمطية لمنحنيات الخواص

إستخدام الترانزستور كمكبر :

يمكن التحكم في تيار المجمع بواسطة تيار القاعدة ويتوقف مدى التحكم في تيار المجمع على قيمة β للترانزستور وشكل (٥-٢٠) يبين دائرة مكبر ترانزستور موصل بطريقة المشع المشترك ، فعند توصيل إشارة متغيرة بدائرة القاعدة ، يعمل تيار الاشارة على تعديل تيار الانحياز للقاعدة ، بأن يضاف إليه بالزيادة أو النقصان مما يؤدى إلى زيادة أو نقصان تيار القاعدة ، وبالتالي زيادة أو نقصان في تيار المجمع بدرجة أكبر بنسبة β وبهذا نحصل عند طرفي مقاومة الحمل R_L على جهد مكبر صورة طبق الأصل من جهد الدخل بفرق في الوجه مقداره ١٨٠ ° .



شكل (٥-٢٠)

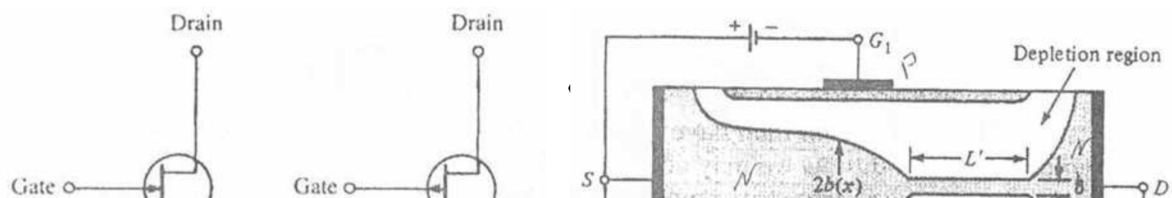
* ترانزستور تـأثير المجال (FET) Field Effect Transistor :

هو عنصر من عناصر أشباه الموصلات ويتكون من ثلاثة أقطاب هى المنبع Source ويرمز له بالحرف (S) ، والبوابة (Gate) ويرمز لها بالحرف (G) والمصرف Drain ويرمز بالحرف (D) وهذه الأقطاب تعادل المشع ، القاعدة ، المجمع على الترتيب في الترانزستور ثنائي القطب .

ويقوم ترانزستور تأثير المجال بتكبير الإشارات الكهربية ويتم التحكم فيه – عن طريق تأثير المجال بالجهد ، بينما في الترانزستور ثنائي القطب يتم التحكم فيه عن طريق التيار ويوجد نوعان من ترانزستور تأثير المجال هما (١) نوع يتم التحكم فيه عن طريق التحكم في عمق القناه (JFET , MESFET) (٢) النوع الآخر ويتم التحكم فيه بالتحكم في قيمة حاملات التيار (MOSFET).

(١) تركيب ترانزستور تأثير المجال JFET (ذو البوابة المتصلة):

يتم إختيار شريحة من مادة شبة موصلة N مثلاً ، وبإضافة بوابة نوع P بالانتشار على جانب الشريحة ينتج بينهما وصلة P-N وتتواجد منطقة منزوحة القناة على جانبي الوصلة وبالتحكم في الانحيازات يتم التحكم في عرض القناة وبالتالي في مقاومة القناة لمرور الالكترونات والشكل (٥-٢١) يبين تركيب ترانزستور JFET والشكل (٥-٢٢) يبين الرمز النظرى لترانزستور تأثير المجال ذو بوابة P وآخر ذو بوابة N .

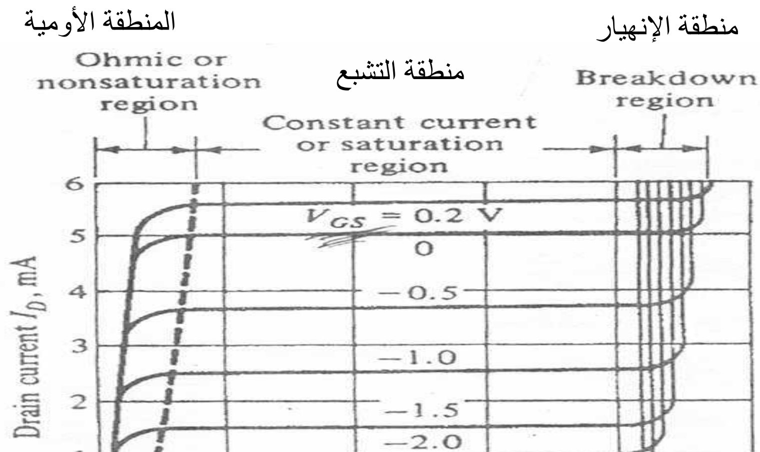


شكل (٥-٢١)　　　　　　　　　　　　　　　(شكل ٥ – ٢٢)

*** طريقة عمل ترانزستور JFET :**

كما في الشكل (٥-٢١) نرى أنه تم توصيل إنحياز أمامي لدائرة الدخل V_{GS} كما في الترانزستور العادي فعند تطبيق جهد صغير بين المصدر (S) والمصب (D) V_{DS} لا يكون للتيار المار تأثير على عرض القناة حيث يكون عرضها كبير لصغر المنطقة القاحلة المنزوحة ، ويمر تيار كبير يتناسب خطياً مع V_{DS} وتسمى بالمنطقة الأومية ويستمر ذلك إلى أن يصل V_{DS} الي قيمة كبيرة يقل عندها عرض القناة وتزيد المنطقة المنزوحة (القاحلة) ويقل التيار المار أو يثبت عند قيمة ثابتة مهما زاد V_{DS} وتسمى هذه المنطقة بمنطقة التشبع Saturation Region وبإستمرار زيادة V_{DS} نصل الى منطقة الإنهيار Breakdwon Region ويتضح ذلك من الشكل (٥-٢٣) الذى يبين منحنى العلاقة بين V_{DS} ، I_D عند قيم مختلفة V_{DS} ويتم توصيل ترانزستور تأثير المجال الى الدائرة بثلاث طرق هى المنبع (S) مشترك ، البوابة (G) مشترك ، المصرف (D) مشترك وطريقة المنبع المشترك هى الأكثر إستخداماً .

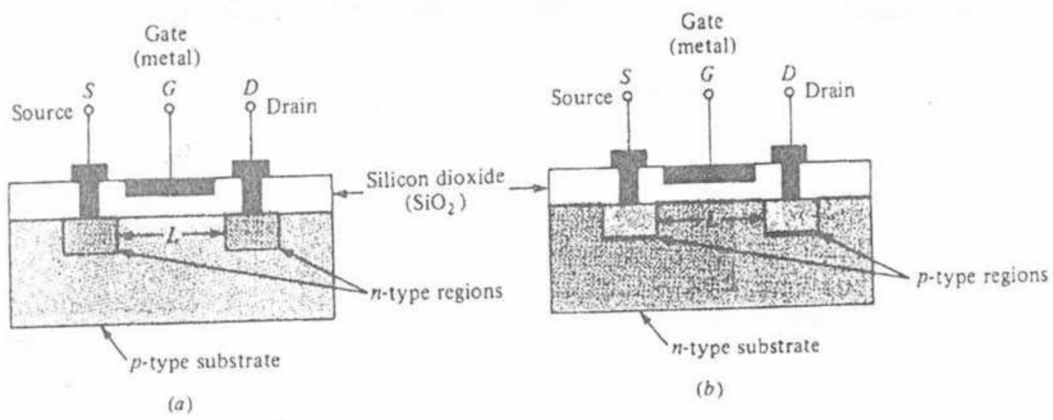
ويستخدم الترانزستور في دوائر التكبير وخاصة في الترددات العالية وكذا يستخدم كمفتاح الكتروني .



شكل (٥- ٢٣)

(٢) تركيب ترانزستور تأثير المجال (MOSFET) :

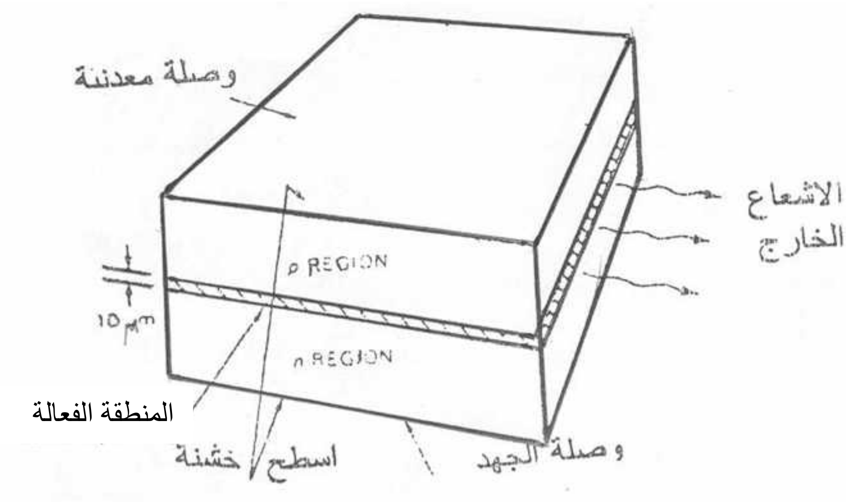
كما هو موضح بالشكل (٥- ٢٤) يتركب الـ MOSFET من قاعدة Substrate إما من نوع N أو P يتم غرس أو تسرب منطقتين من النوع المخالف لنوع القاعدة لتشكيل المصدر S والمصب D وتكون البوابة G من معدن الألمونيوم أو البولي سيليكون Polysilicon وتفصل عن المسافة المحصورة بين المصدر والمصب عن طريق ثاني اكسيد السيليكون (SiO_2)



شكل (٥-٢٤)

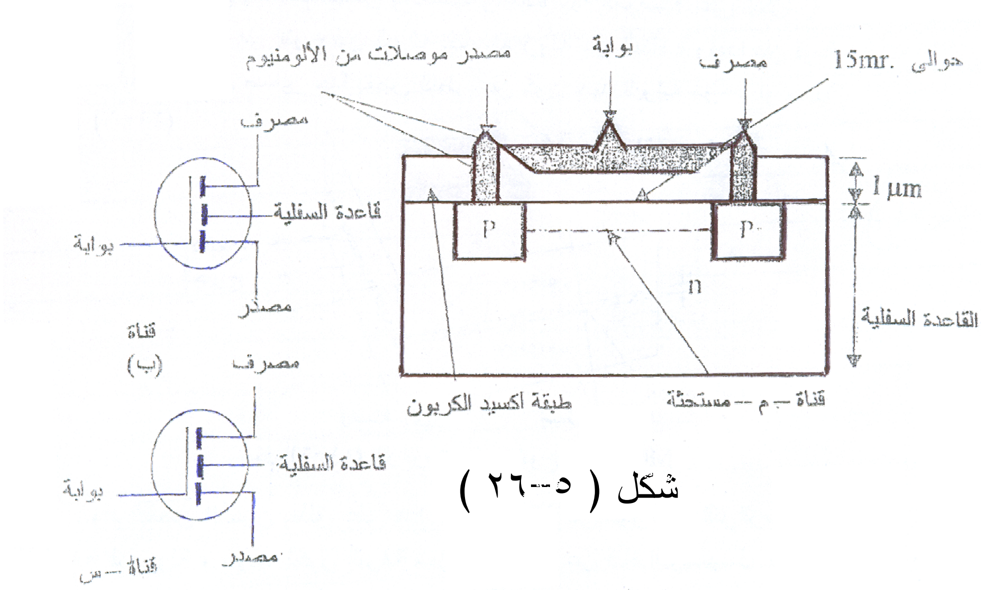
*** الترانزستور من النوع تأثير المجال المعدن – الأكسيد MOSFET**

فى هذا النوع يستخدم المعدن والأكسيد والمادة شبة الموصلة على شكل MOSFET وفي هذا النوع فإن البوابة تكون معزولة عن القناة ، ولهذا فإن قيمة تيار البوابة I_G يكون صغير جداً بغض النظر عن كون جهد البوابة موجباً أو سالباً كما في شكل (٥-٢٥)



شكل (٥–٢٥) الترانزستور من النوع MOSFET

وفي بعض الاحيان يطلق على هذا النوع من الترانزستورإسم الترانزستور ذو البوابة المعزولة ، وفيه تكون البوابة معزولة كهربياً عن قناة التوصيل وتعزل بواسطة طبقة رقيقة جداً من اكسيد السليكون ، أما المصدر والمصرف فيكونا من النوع P–TYPE المنتشرة في القاعدة السفلية . ويعزل المصدر عن البالوعة عندما تساوى قيمة جهد البوابة $V_{GS} = 0$ بحيث يصبح إنسياب التيار بينهما مستحيلاً شكل (٥– ٢٦) .



شكل (٥--٢٦)

* كيفية عمل الترانزستور MOSFET :

عند تسليط جهد سالب على البوابة ، فإن حاملات الشحنة الموجبه تنجذب من القاعدة السفلية إلى الحافة السفلي لطبقة الاكسيد والتي تقع تحت البوابة مباشرة، وعندما يصل الجهد إلى

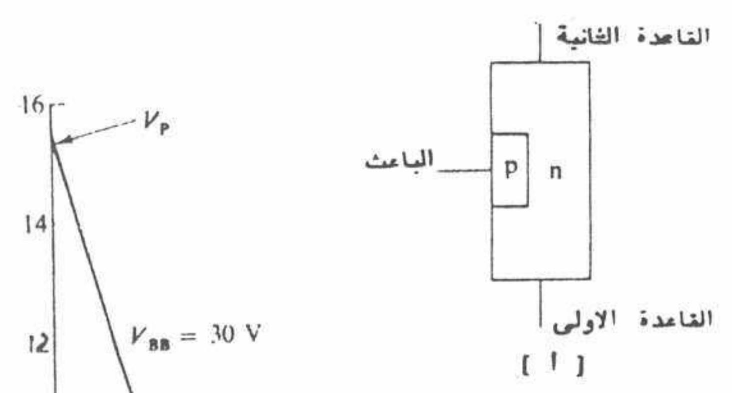
قيمة معينة تعرف بجهد العتبة V_T يكون هناك قناة من حاملات الشحنة الموجبة تصل بين المصدر والمصرف وبزيادة قيمة جهد البوابة السالب عن قيمة جهد العتبة يزيد تيار المصدر .

*** الترانزستور أحادي القطب (UJT) :**

لا يعتبر الترانزستور إحادي القطب (أحادية التوصيل) بصفة قاطعة كترانزستور ولكنه دايود مزدوج القاعدة . ويمكن شرح فكرة عمل النبيطة بالرجوع إلى شكل (٥–٢٧) يوضح الرسم (أ) من هذا الشكل احدى صور تركيبة الترانزستور اذ يتكون من قضيب من مادة أشباه الموصلات نوع (N) مع وصلة (P- N) في اتجاه مركز القضيب وتعرف المنطقة بباعث الترانزستور أحادى التوصيل وتعرف التوصيلتين إلى نهايتى القضيب بالقاعدة الأولى (B_1) والقاعدة الثانية (B_2) على التوالي وفي حالة عدم وجود إشارة عند الباعث ، تقع قيمة المقاومة فيما بين القاعدتين R_{BB} بين B_1 , B_2 في المدى $4\,K\Omega$ إلى $12\,K\Omega$ ويعرف الجهد B_2 , B_1 بالجهد بين القاعدتين V_{BB} وتقع قيمة الجهد المقاس بين B_1 ونقطة دخول الباعث في القضيب بين $V_{BB} = 0.4$ و $V_{BB} = 0.8$ ويعرف معامل V_{BB} المعطى بالنسبة الذاتية المباعدة ورمزها (η)

عندما تقل قيمة الجهد الباعث V_E عن (V_{BB}) تكون الوصلة (P-N) بين الباعث والقضيب عكسية الانحياز ولا يمر في الباعث سوى تسرب ضئيل جداً .

وعند زيادة جهد الباعث الى النقطة التي تصبح عندها الوصلة (P-N) أمامية الانحياز تقل المقاومة بين الباعث و B_1 إلى قيمة منخفضة ويعرف هذا الجهد في هذه الحالة بجهد النقطة الذروية V_P والذى يوضحه شكل (٥–٢٧) على منحنى الخواص يبين الشكل أيضاً الخواص عند قيمتين للجهد V_{BB} وفي كل حالة $V_P \cong \eta \cdot V_{BB}$



شكل(٥-٢٧)

أ- الترانزستور إحادى التوصيلات إحدى صور التركيب

ب- رمز الترانزستور أحادى التوصيل

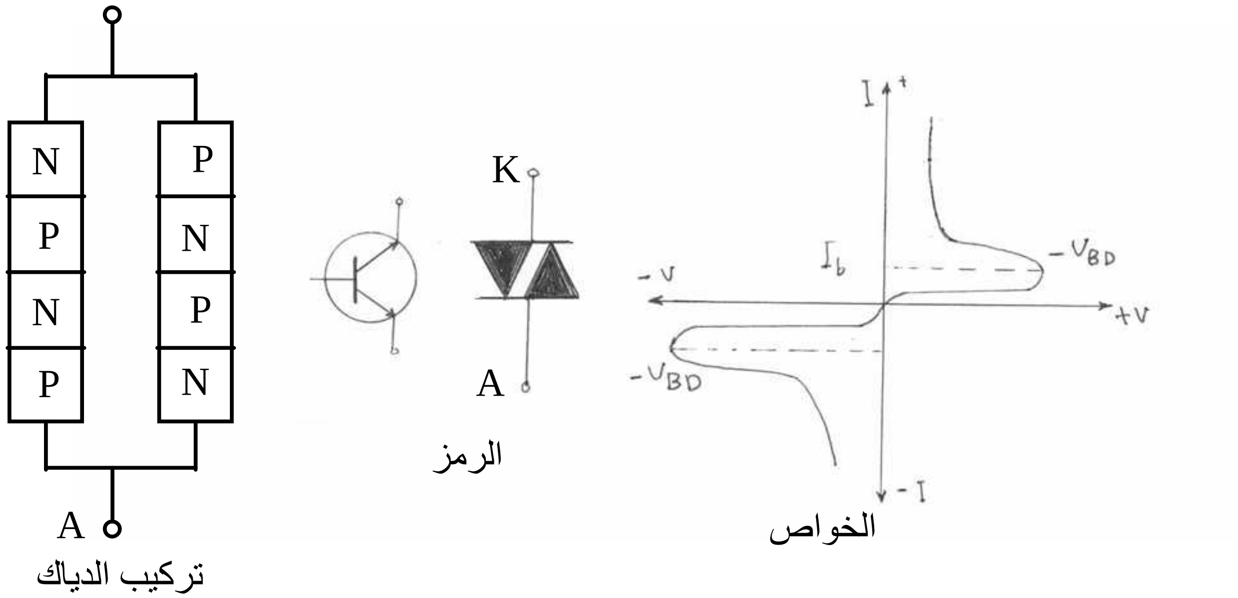
جـ- منحنيات الخواص الأساسية

ويستخدم الترانزستور أحادي التوصيل بكثرة كمكثف تفريغ وفي المذبذبات ومولدات سن المنشار ومولدات النبضات والمؤقتات Timers.

الدياك The Diac :

الدياك هو نبيطة ذات طرفان وتتكون من ثنائيين من رباعيات الطبقات موصلان على التوازى وكل منهما معاكس للآخر ويمكن أن يوصلا في كلا الاتجاهين ، وعلى العكس من الترانزستور ثنائي القطبية فإن وصلتى الدياك لهما نفس نسبة تركيز الشوائب مما ينتج عنه تماثل

خواص التوصيل على كلا الاتجاهين لقطبية الجهد بين طرفيه ، وشكل (٥– ٢٨) يوضح تكوين وصلة الدياك والرمز المستخدم له وكذلك خواص العلاقة بين الجهد والتيار.



شكل (٥– ٢٨) تركيب الدياك والرمز والخواص

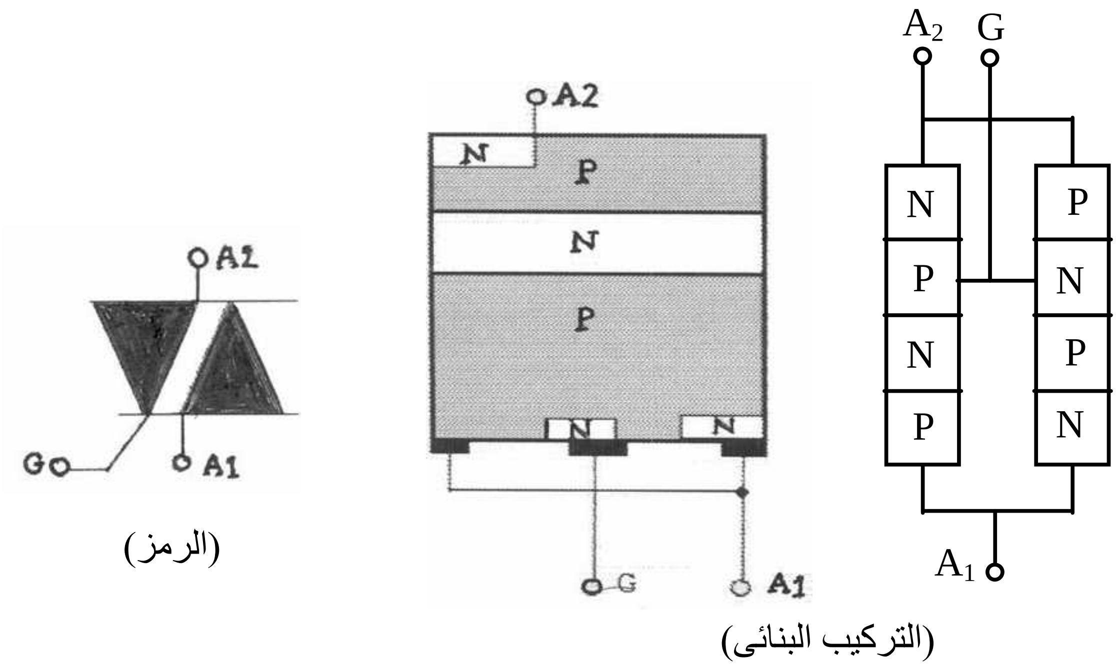
عند وضع جهد على طرفي الدياك بأى قطبيه تكون أحد وصلتى PN معرضه لجهد أمامى والأخرى معرضه لجهد عكسى ، ويمر تيار تسرب ضئيل عبر الوصلة المغذاه عكسيا فإذا زاد الجهد على هذه الوصلة عن جهد الانكسار(Break over Voltage) فإن تيار الدياك يزداد فجأة نتيجة لإنهيار مقاومة الوصلة المغذاه عكسياً ويبدى الدياك مقاومة سالبة حيث يقل فرق الجهد على طرفيه مع زيادة التيار وتستغل خواص الدياك هذه حيث يستخدم كمفتاح سريع جداً في أى من الاتجاهين إذا وصل فرق الجهد على طرفيه لقيمة معينة V_{BB} وتتراوح هذه القيمة ما بين 35 ، 29 فولت للدياك طراز INS 5411 ويمكنه أن يتحمل نبضة تيار 2A تستمر لفترة 30 ميكرو ثانية وهذا يجعله مناسب جدا لإشعال الترياك كما سنرى في الجزء الثاني الخاص بهذه النبيطة الأخري .

الترياك The Triac :

شكل (٥–٢٩) يوضح ترتيب الوصلات في الترياك . كل من الطرفين الرئيسيين

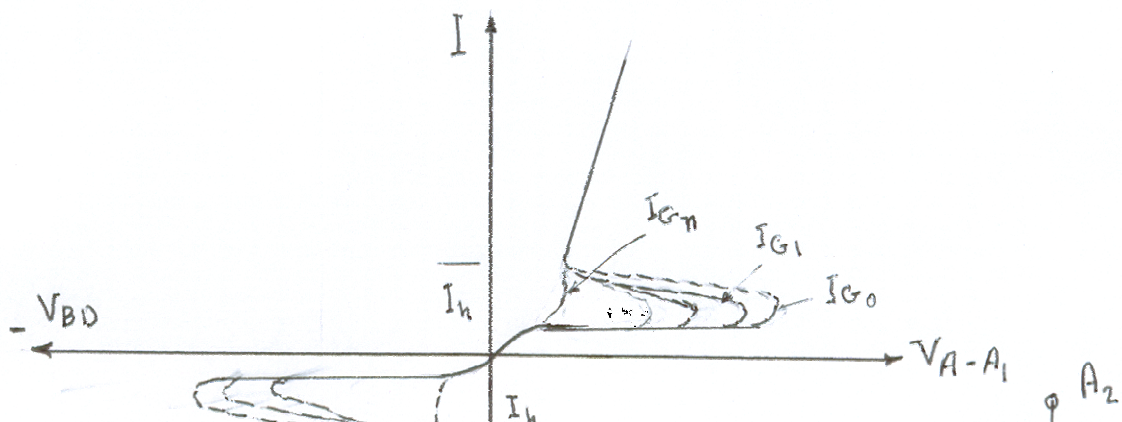
(A_2. A_1)يتصل إتصالاً كهربائياً مباشرة بباعث من نوع N وآخر من نوع P الباعث N عند A_2 يقابل الباعث P عند الطرف A_1 مباشرة ، هذا ويتضح أن الترياك يتكون من نبيطتان ذات

أربعة طبقات (PNPN, NPNP) متوازيتان وبالتعاكس ، أى إثنان من الثيرستور متصلان بالتوازي المتضاد . ولهما طرفان رئيسيان (A_2,A_1) وبوابة واحدة G وعلى ذلك فإن الترياك يمكنه أن يوصل التيار بين الطرفين الرئيسيين في أى من الاتجاهين . وبالنظر إلى طرفا البوابة (A_1, G) فإننا نجد أن الطرف G يتصل مع كل من P ، N كما أن الطرف A_1 يتصل مع كل من P N , وعلى ذلك فإن بوابة الترياك يمكن أن تتقبل نبضة إشعال Firing Pulse ذات تيار موجب (أى من G إلى A_1) أو سالب أى من A_1 إلى G



شكل (٥–٢٩) ترتيب الوصلات للترياك والرمز الخاص به

شكل (٥–٣٠) يوضح الخصائص الإستاتيكية للترياك عند الأطراف وهى متماثلة في كل من الربع الأول والربع الرابع وهى تماثل خواص الثايرستور فى الربع الأول وخواص ثايرستور معكوس في الربع الثالث ولذلك فإن الترياك لا يصلح كنبيطة لتوحيد التيار المتردد مثل نبيطة اخرى تسمى الثايرستور وإنما تستخدم للتحكم في أحمال التيار المتردد وفي هذا الاستخدام فإنه يكافئ إثنان من الثايرستور متوازيين ومتعاكسين ، كما في شكل (٥ – ٣٠) .



شكل (٥- ٣٠)

ومن شكل (٥- ٣٠) نرى أنه إذا وصل فرق الجهد على طرفي الترياك إلى حد الإنهيار (V_{BD}) فإن الترياك يتحول إلى حالة التوصيل دون الحاجة إلى نبضة إشعال على البوابة ، وعملياً يتم إشعال الترياك عن طريق البوابة لأن (V_{BD}) وهو جهد الإنهيار يكون اعلى من الجهد المقنن . وإذا كانت نبضة التيار على البوابة غير كافية فإن الترياك (مثل الثايرستور) يحتاج إلى جهد بين الأطراف لكي يتحول إلى حالة التوصيل ، ويتوقف فرق الجهد اللازم على مدى عدم كفاية نبضة الإشعال $I_{G0} \rangle I_{G1} \rangle I_{G2}$ فإذا كانت نبضة التيار كافية فإن الترياك يحتاج الى فرق جهد قليل (أقل من ١٠ فولت) لكى يتحول إلى حالة التوصيل (المنحنى المناظر لـ I_{Gn}) وإذا تحول الترياك إلى حالة التوصيل فإن التيار (I) يتحدد بمكونات الدائرة إذ أن فرق الجهد على طرفي الترياك ينخفض الى قيمة صغيرة جداً (من ١ فولت إلى ٢ فولت)، ولا يكون للبوابة أى سيطرة على الترياك ولا يتحول إلى عدم التوصيل إلا إذا قل التيار I عن تيار الامساك (Holding Current) وتكون قيمة I_h صغيرة (عشرات مللي أمبير) وتحدد الجهة المنتجة المعلومات الخاصة بالترياك في ورقة البيانات (Data sheet) والتي يجب الاسترشاد بها عند أى استعمال لأي طراز .

*** استخدام الترياك :**

١- يستخدم للتحكم في جهد الحمل : ويتحقق ذلك بالتحكم في زاوية اشعال الترياك .

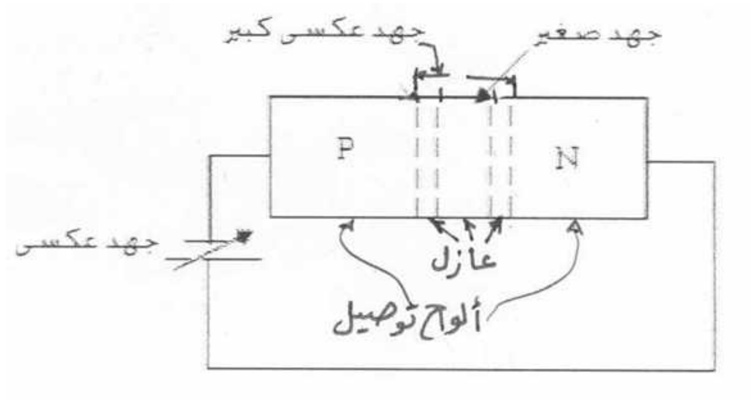
٢- يستخدم في التحكم في أحمال التدفئة .

٣- يستخدم في التحكم في سرعة المحركات مثل التي تستخدم في المكانس الكهربية .

٤- يستخدم كملامس الكتروني لتوصيل الحمل المتردد بالمصدر وفصله .

*** ثنائى الفاركتور The Varactor diode :**

هذا الثنائى هو أيضا وصلة ثنائية P – N ولكن تستغل فيه السعة الناشئة بالوصلة نتيجة لوجود المنطقة الفارغة حيث تتغير هذه السعة بتغيير عرض المنطقة الفارغة مع تغير جهد الانهيار في الاتجاه العكسي.



شكل (٥-٣١)

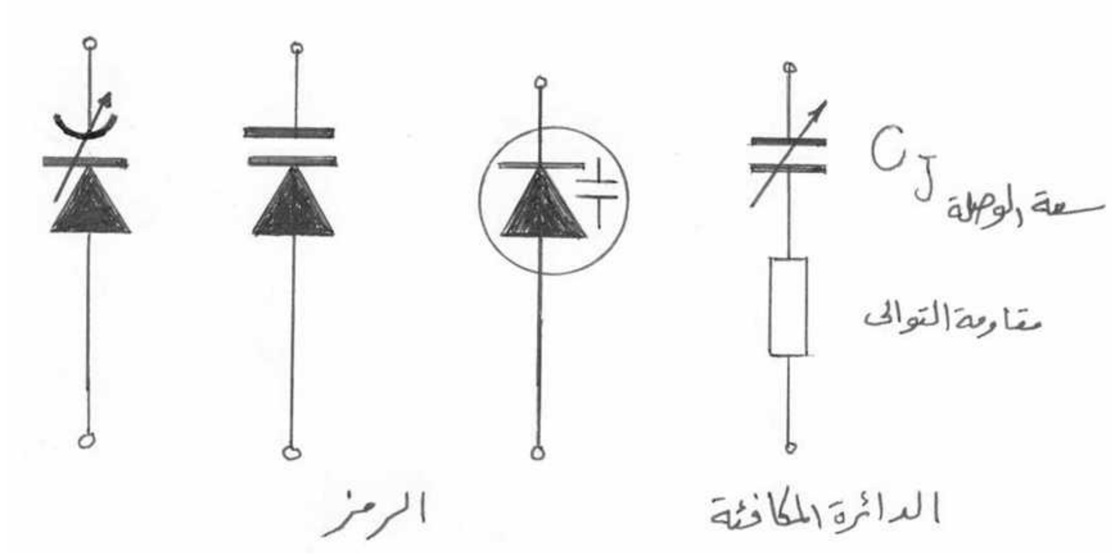
وشكل (٥-٣١) يوضح فكرة استغلال هذه النبيطة كسعة تتغير مع قيمة جهد التغذية العكسية حيث تعتبر المنطقة الفارغة كعازل بين المناطق (N , P) التى تعتبر ألواح المكثف وبتغيير سمك هذا العازل تتغير السعة كما هو الحال في المكثفات المتغيرة السعة، فإن السعة الناتجة (C_{PN}) تتناسب عكسياً مع جهد التغذية العكسية.

وقد وُجِد أن:

$$C_{PN} \ \alpha \frac{I}{V.N}$$

حيث V هو جهد التغذية العكسية ، N تتوقف على كثافة الشوائب في الوصلة الثنائية. تصنع الوصلة الثنائية التقليدية بحيث يكون تركيز الشوائب موزع بانتظام خلال N, P وعلى ذلك تتغير سعة الوصلة تغيراً قليلاً مع تغير جهد التغذية العكسية ، أما في ثنائي فاركتور فإن تركيز الشوائب لايكون منتظماً خلال كل من N , P وإنما يكون تركيز الشوائب متدرجاً بحيث يتناقص التركيز في اتجاه الوصلة ويكون خفيفاً عندها ، وينتج عن ذلك إمكانية الحصول على تغير كبير

في السعة مع تغير صغير في جهد التغذية العكسية ، وبذلك يمكن استخدام هذا الثنائي كسعة متغيرة حساسة وشكل (٥-٣٢) يبين الدائرة المكافئة وكذلك الرموز لثنائي الفراكتور.



شكل (٥-٣٢)

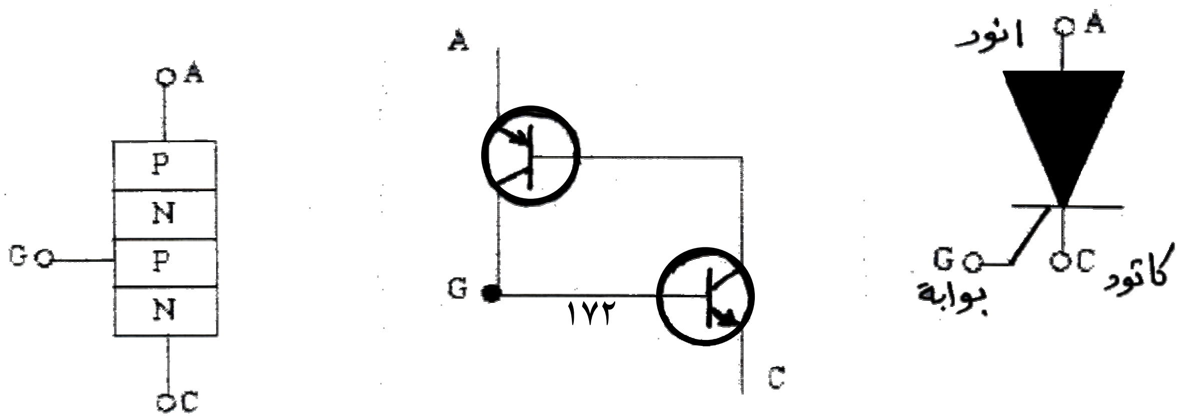
*** ثنائي الثايرستور SCR :**

تضم عائلة الثايرستور كل النبائط التي تتكون من أربع طبقات من شبة الموصل (P-N-P-N) ويعتبر كل من الموحد السليكونى المحكوم والدياك والترياك أشهر عناصر هذه العائلة .

*** الموحد السليكونى المحكوم Silicom Controlled Rectifier (SCR) :**

وهو يتكون من أربع طبقات من شبه الموصل P-N-P-N وله ثلاث أقطاب هى :

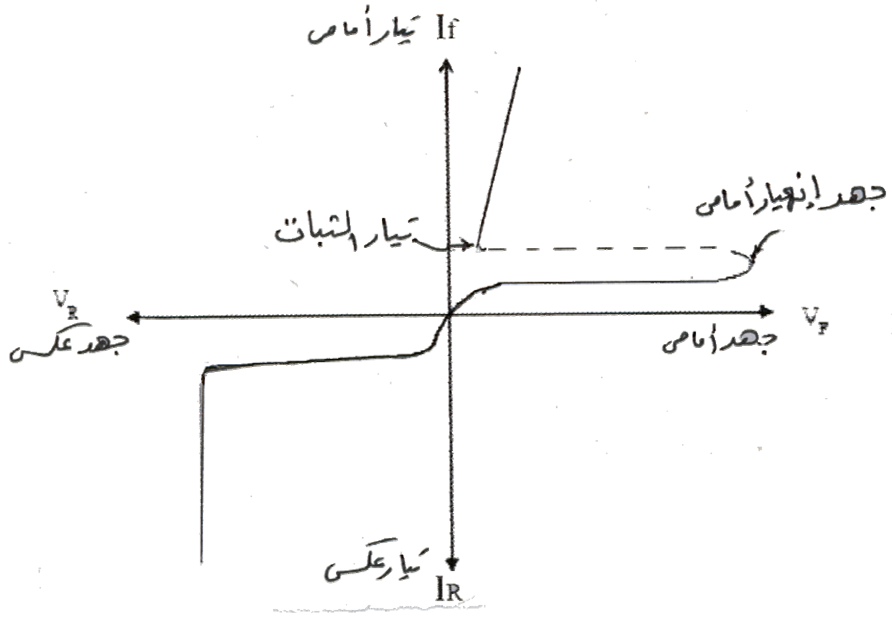
الأنود A والكاثود C والبوابة G التي تؤثركقطب تحكم حيث يمكن التحكم عن طريق قيمة صغيرة جداً لتيار البوابة في قيمة تيار الأنود (حمل) عالى جداً والشكل (٥-٣٣) يبين التركيب والرمز وكذلك الدائرة المكافئة للموحد السليكوني المحكوم .



شكل (٥- ٣٣)

*** منحنى الخواص للثايرستور :**

شكل (٥-٣٤) يبين منحنى الخواص للموحد السليكونى المحكوم وذلك فى حالة فتح دائرة البوابة ، أى عدم تغذيتها بجهد انحياز امامي ، ومن المنحنى نرى أنه عند توصيل دائرة الأنود – كاثود للموحد بجهد انحياز عكسي فإنه يتصرف مثل الموحد العادي ذو الطرفين، أما عند توصيله بجهد أمامي فإنه يسمح بمرور تيار تسرب أمامي صغير القيمة ، ويظل كذلك حتى يصبح الجهد الأمامي مساوياً أو يزيد عن قيمة معينة تسمى جهد الانهيار الأمامي V_{BD} وعند هذا الجهد يزيد التيار فجأة .



شكل (٥- ٣٤) منحنى خواص SCR في حالة فتح البوابة .

وهنا تصبح مقاومة الأنود كاثود صغيرة جداً ويهبط الجهد على طرفي الموحد الى قيمة منخفضة تكون عملياً في حدود من (0.75 إلى 1.5) فولت .

وخلاصة القول هى أن حالتى التشغيل للموحد المحكوم تشبه نفس حالتى مفتاح On-Off فعندما يكون الجهد الأمامي الموصل للموحد أقل من قيمة جهد الانهيار الأمامي، فإن الموحد لا يوصل

أى يكون المفتاح في وضع off ، وعندما يصل جهد الانهيار الامامي الى قيمة تساوى أو أكبر من هذا الجهد فإن الموحد يتحول الى التوصيل أى يصبح المفتاح في وضع on .

*** استخدام S C R :**

١- يُستخدَم على نطاق واسع كمفتاح الكتروني (فصل وتوصيل) ذو سرعة عالية وكفاءة عالية أيضاً .

٢- يُستخدَم للتحكم في قيمة القدرة الكهربية الموصلة الى حمل معين .

٣- يُستخدَم في دوائر تنظيم الجهد المستمر المعروفة باسم "مصادر التغذية بالتيار طراز سويتش".

٤- يُستخدَم للتحكم في سرعة المحركات عن طريق التحكم في القيمة الفعالة للجهد المسلط.

تذكر (أشباه الموصلات)

- المواد الموصله بها وفرة من الإلكترونات الحرة ، بينما المواد العازلة تحتوى على عدد ضئيل من الإلكترونات الحرة ، فى حين أن المواد أشباه الموصلات تقع بين المواد الموصلة والعازلة .

- لزيادة توصيلية بللورة الجرمانيوم النقية تضاف إليها قليلا من الشوائب ثلاثية التكافؤ أو رباعية التكافؤ فنحصل على بللورة P أو N
- عند توصيل بللورتين P-N نحصل على ثنائى الوصلة (الموحد) ، عند توصيل الطرف N بالسالب ، الطرف P بالموجب للبطارية يكون الثنائى فى حالة توصيل أمامى والعكس بالعكس .
- يستخدم ثنائى الوصلة فى توحيد التيار المتغير (نصف موجه – الموجه الكاملة)
- تقوم دائرة التنعيم بتحويل التيار المتغير الموحد الإتجاه إلى تيار مستمر
- ثنائى الزينر يستخدم لتنظيم الجهد ، ويختلف عن الثنائى العادى فى أنه فى الزينر مسموح بعمله عند نقطة الإنهيار بدون مشاكل
- يتكون الترانزستور ثنائى الوصلة من ثلاثة أجزاء من أشباه الموصلات N ، P كل منها القاعدة والمشع والمجمع .
- يوصل الترانزستور بالدائرة بطريقة المشع المشترك – المجمع المشترك – القاعدة المشتركة
- ترانزستور تأثير المجال يتكون من ثلاثة أقطاب هى المنبع S ، البوابة G ، المصرف D
- يعتبر الترانزستور أحادى الوصلة دايود مزدوج القاعدة
- يستخدم الداياك والترياك فى التحكم
- يستخدم الفاركتور كمكثف متغير
- يستخدم الثايرستور كمفتاح الكترونى للتحكم

أسئلة على الباب الخامس

١- ما هى المواد الشبه موصلة ؟

٢- ما هى الصفات الخاصة بالمواد الشبة موصلة ؟

٣- متى يتم الانحياز الامامي لوصلة الثنائي ومتى يحدث الانحياز العكسي ؟

٤- اذكر استخدامات ثنائي الوصلة (الموحد)

٥- اشرح مع الرسم دائرة التنعيم للحصول على تيار مستمر

٦- ما هو الفرق بين ثنائى الزينر ودايود التوحيد ؟

٧- اذكر استخدامات ثنائي الزينر

٨- اشرح مع الرسم تركيب الترانزستور وما هى انواعه المختلفة

٩- ما هى الطرق المتبعة في توصيل الترانزستور في الدائرة ؟

١٠- اشرح مع الرسم كيف يمكن استخدام الترانزستور كمكبر

١١- وضح شكل موجه التيار المتغير الداخلة والخارجة للترانزستور

١٢- اذكر ما تعرفه عن ترانزستور تأثير المجال

١٣- اشرح مع رسم بسيط تركيب ترانزستور تأثير المجال

١٤- اذكر تركيب ترانزستور من نوع تأثير المجال

١٥- اشرح كيفية عمل ترانزستور MOSFET

١٦- اذكر تركيب الترانزستور احادى القطب UJT

١٧- فيم يستخدم الترانزستور احادى القطب ؟

١٨- مم يتركب الداياك وفيما يستخدم ؟

١٩- وضح بالرسم ترتيب الوصلات في الترياك

٢٠- ارسم شكل يوضح الخصائص الاستاتيكية للترياك

٢١- اذكر استخدامات الترياك

٢٢- اذكر تركيب ثنائي الفاركتور مع رسم رمز الفاركتور

٢٣- اشرح مع الرسم المبسط تركيب ثنائي الثايرستور SCR مع رسم منحنى الخواص له .

٢٤- اذكر استخدامات ثنائي الثايرستور SCR

الباب السادس

الدوائر المتكاملة – والنبائط الضوئية

٦–١ الدوائر المتكاملة – التعريف – التصنيف – المزايا .

٦–٢ الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة – مثال لدائرة الكترونية على شكل دائرة متكاملة .

٦–٣ النبائط الحساسة للضوء : المقاومة الضوئية – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – الخلايا الشمسية .

٦–٤ النبائط المشعة للضوء : الثنائي المشع للضوء – نبائط العرض ذات السبع شرائح – مبينات السائل البللوري – ثنائى الليزر .

الباب السادس

٦-١ الدوائر المتكاملة Integrated Circuits (ICS)

الدائرة IC عبارة عن دائرة الكترونية كاملة تحتوى على العناصر الضرورية لعمل هذه الدائرة مثل : الترانزستور ، الثنائيات ، المقاومات ، المكثفات . هذا بالإضافة إلى التوصيلات الخاصة بهذه المكونات وتغلف الدائرة المتكاملة بغلاف تخرج منه أطراف توصيل بأشكال وأبعاد قياسية .

ويمكن تقسيم الدوائر المتكاملة إلى اربعة انواع رئيسية هى :

١-دوائر الشريحة الواحدة .

٢-دوائر الغشاء الرقيق .

٣-دوائر الغشاء السميك .

٤-دوائر مختلطة .

*** مزايا الدوائر المتكاملة :**

تمتاز الدوائر المتكاملة بعدة مزايا بالمقارنة مع الدوائر الالكترونية المتعارف عليها ذات المكونات المنفصلة ، وأهم هذه المزايا هى :

١-صغر الحجم ، خفة الوزن ، رخص الثمن .

٢-انخفاض القدرة المستهلكة .

٣-الاعتمادية العالية وهذا يعنى القدرة على أداء الوظيفة المطلوبة لفترات زمنية طويلة دون تلف .

٤-تصنع بأبعاد قياسية وبالتالي يتم عمل قواعد قياسية لتثبيت الدوائر المتكاملة مما يسهل عملية الاستبدال .

٥-قلة تأثير الحرارة على نقطة التشغيل .

* **عيوب الدوائر المتكاملة:**

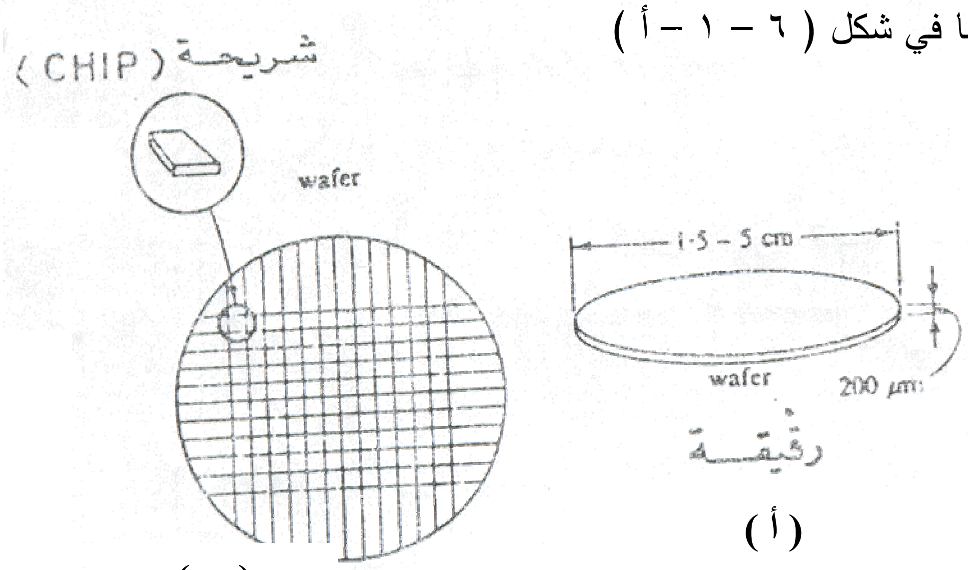
١- لا يمكن اصلاحها في حالة تلف أحد مكوناتها .

٢- لا تتحمل القدرات العالية حيث ان زيادة التيار يؤدى الى ارتفاع درجة حرارتها وتلفها

٣- لا يمكن تضمين الدوائر المتكاملة أى نوع من الملفات أو المحولات .

٦-٢ الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة Monolitic IC's:

تتكون الدوائر المتكاملة ذات الشريحة الواحدة أساساً بنفس أسلوب الترانزستور ثنائي القطب ، ولكنها تحتاج لعمليات إضافية اكثر تعقيداً . ومادة البدء تكون عبارة عن رقيقة Wafer عادة من السليكون كما في شكل (٦ – ١ – أ)



(أ)

(ب)

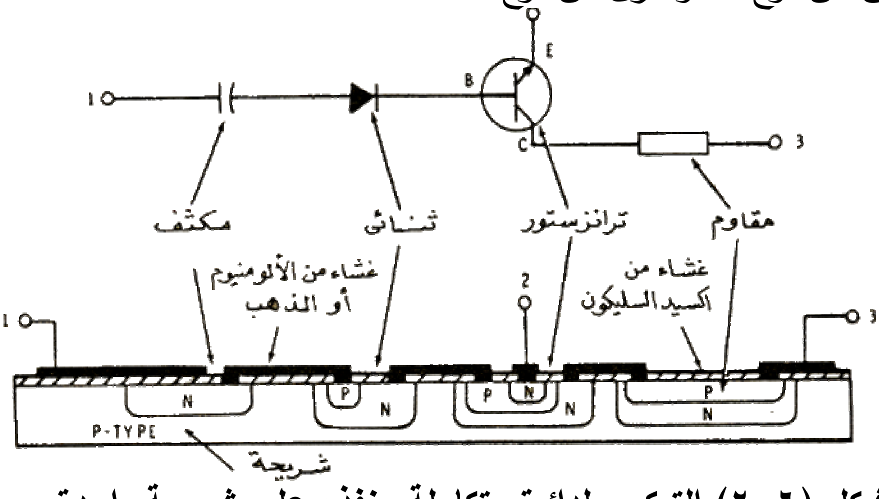
شكل (٦-١-أ ، ب)

ويكون سمك هذه الرقيقة رفيع جداً حوالي 200 μm ، ويتم تشكيل عدة دوائر متكاملة في آن واحد على الرقيقة كما في شكل (٦ – ١ – ب) حيث يمثل كل مربع من الرقيقة دائرة متكاملة واحدة . بعد ذلك يتم تقسيم الرقيقة الى أقسام ، وكل قسم من هذه الاقسام يسمى شريحة Chip ويكون عبارة عن دائرة متكاملة كاملة بمكوناتها وتوصيلاتها ، ويتم تغليفها بغلاف مناسب . وفي النهاية يتم اختبارها .

مثال : لتنفيذ دائرة الكترونية في شكل دائرة متكاملة :

يبين شكل (٦- ٢) دائرة الكترونية بسيطة تتكون من مكثف ، ثنائي ، ترانزستور NPN ومقاومة . وللدائرة ثلاثة أطراف (١ ، ٢ ، ٣) لتوصيل جهود وتيارات التشغيل لها وفي شكل (٦-٢) نرى الدائرة منفذه على شكل دائرة متكاملة ذات شريحة واحدة . وقد تم تشكيل المكونات

الاربعة آنيا عن طريق انتشار شوائب من نوع N وأخرى من نوع P داخل شريحة من نوع P وذلك لانتاج مناطق من نوع P وأخرى من نوع N .



شكل (٦-٢) التركيب لدائرة متكاملة منفذه على شريحة واحدة

ويلاحظ أن المقاومة قد تكون عن طرق عمل منطقة كبيرة من نوع N تم تشكيل منطقة من نوع P فوقها فنتج عن ذلك مسار ضيق وطويل من مادة نوع P وهذا المسار يمثل المقاومة ، ويمكن التحكم في قيمة المقاومة عن طريق طول وعرض المسار الضيق حيث تزيد المقاومة مع زيادة الطول وتقل مع زيادة العرض والعكس صحيح . كما يمكن التحكم في قيمة المقاومة عن طريق التحكم في تركيز الشوائب في مسار نوع P حيث أن التركيز العالي ينتج عنه مقاومة منخفضة والعكس صحيح .

أما الترانزستور فقد تكون بنفس اسلوب الترانزستور المألوف حيث تشكلت منطقة من نوع N للمجمع أولاً ثم منطقة نوع P للقاعدة وأخيراً منطقة من نوع N للمشع . وبالنسبة للثنائي N-P فإن المنطقة من نوع N – (والتي تكونت بالانتشار داخل الرقيقة P) – تمثل الكاثود ، بينما المنطقة P التي تكونت بالانتشار داخل المنطقة N – تمثل الأنود ، بالنسبة للمكثف فإن المنطقة نوع N تعمل كلوح سفلي ويعمل اكسيد السليكون كوسط عازل ، أما اللوح العلوى فهو عبارة عن طبقة المعدن المرسب فوق الاكسيد وتحدد قيمة السعة للمكثف عن طريق مساحة الالواح وسمك طبقة الاكسيد وثابت العزل لطبقة الاكسيد وعامة يكون من الصعب الحصول على سعات كبيرة بالدوائر المتكاملة ، والقيم العملية لهذه السعات تكون في حدود مئات من البيكوفاراد .

آخر مرحلة في تنفيذ الدائرة المتكاملة هى عمل فتحات في الأكسيد فى الاماكن المراد عمل اتصال بينها . ويتم ذلك بترسيب طبقة من الالومنيوم على كل السطح ثم تستخدم أحماض خاصة

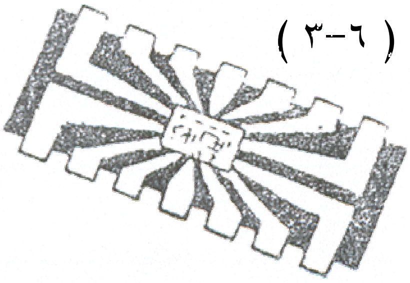
لحذف بقية الألومنيوم من الأماكن الغير مطلوبة، وتترك المسارات المطلوبة. ثم يلي ذلك توصيل الأطراف الخارجية وعمل التغليف للدائرة المتكاملة .

*** تغليف وتحديد أطراف الدوائر المتكاملة:**

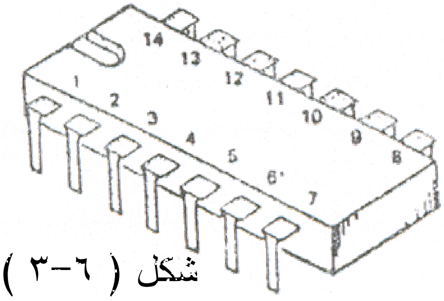
توضع الدوائر المتكاملة داخل أغلفة لحمايتها من الرطوبة والأتربة وبعض مصادر التلوث الأخرى ، وتخرج من هذه الأغلفة أطراف التوصيل بمسافات بينية قياسية مما يسهل تثبيتها في قواعد خاصة بها ، أو تلحم مباشرة باللوحة المطبوعة.

توجد عدة أنواع متداولة من الاغلفة للدائرة المتكاملة ، وكل نوع من هذه الأغلفة له مميزاته وعيوبه ومن أشهر هذه الأغلفة.

١- التغليف ذو الأطراف على الجانبين DIP شكل (٦-٣)



وعدد الاطراف الشائع لهذا النوع هو ٨-١٤-١٦- ٢٤ طرف ، كما يمكن ان يكون العدد اكبر من ذلك في حالة الاستخدام بالدوائر الاكثر تعقيداً مثل دوائر أجهزة الكمبيوتر

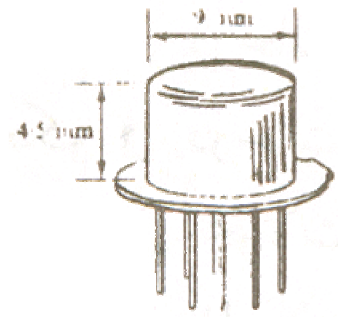


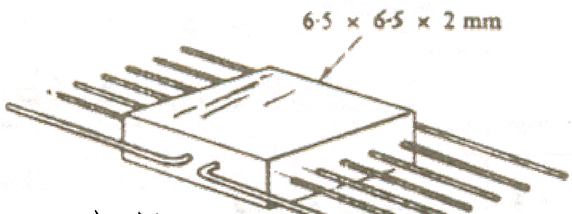
منظر من أعلى

شكل (٦-٣)

٢-التغليف ذو الأطراف المسطحة Flat – Pack :

هذا النوع من التغليف مشابه للتغليف ذو الاطراف على الجانبين ولكن اصغر حجماً وارفع سمكاً وتخرج منه الأطراف بشكل أفقي كما بشكل (٦-٤)، وتلحم أطراف هذا النوع مباشرة بموصلات اللوحة المطبوعة ويصنع غلاف هذا النوع من السيراميك أو المعدن .

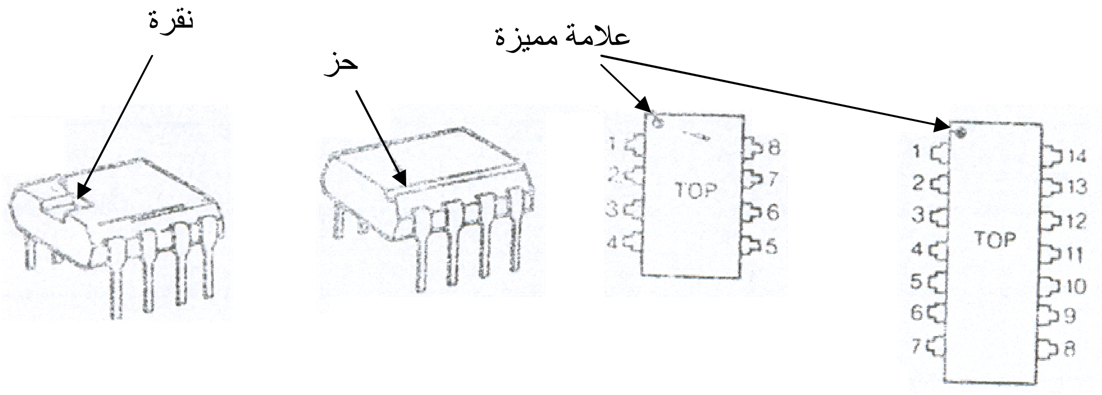




شكل (٦-٤)

التغليف في علبة معدنية :

في هذا النوع توضع الدائرة المتكاملة في غلاف معدني مثل بعض الترانزستورات كما في شكل (٦-٤) وأطراف التوصيل في هذا النوع تكون طويلة ولتحديد أطراف الدوائر المتكاملة يكون هناك دليل موضح بالغلاف يميز الطرف رقم ١ ثم يتم العد من اليسار الى اليمين في اتجاه عقارب الساعة وشكل (٦-٥) يوضح أمثلة مختلفة للدليل للتعرف على الطرف رقم ١ بأطراف التوصيل للدوائر المتكاملة .



شكل (٦-٥) أمثلة لدليل التعرف على أطراف الدوائر المتكاملة

*** تقسيم الدوائر المتكاملة :**

يمكن تقسيم الدوائر المتكاملة بصفة عامة من حيث نمط التشغيل الى مجموعتين رئيسيتين هما :

١- الدوائر المتكاملة الخطية Linear IC'S

٢- الدوائر المتكاملة الرقيمة Digital IC'S

يعمل هذا النوع في حالتين منطقيتين فقط بالنسبة للدخل هما (١) ، (٠) وتستخدم الدوائر المتكاملة الرقمية في أنواع من الدوائر المنطقية والآلات الحاسبة وأجهزة الكمبيوتر.

٦-٣ النبائط الحساسة للضوء :

النبائط الحساسة للضوء هى احد أنواع النبائط الكهروضوئية والنوع الآخر هو النبائط المشعة للضوء .

تقوم هذه النبائط بتحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كهربية: ومن أمثلتها خلايا التوصيل الضوئية ، خلايا الجهد الضوئية ، الثنائيات الضوئية والترانزستورات الضوئية.

وتقاس كمية الضوء المنبعث من المصدر الضوئى بالليومن Lumen وفي الغالب يكون الاهتمام منصباً على شدة الضوء والذى يعرف بأنه كمية الضوء مقاسة بالليومن على المتر المربع .

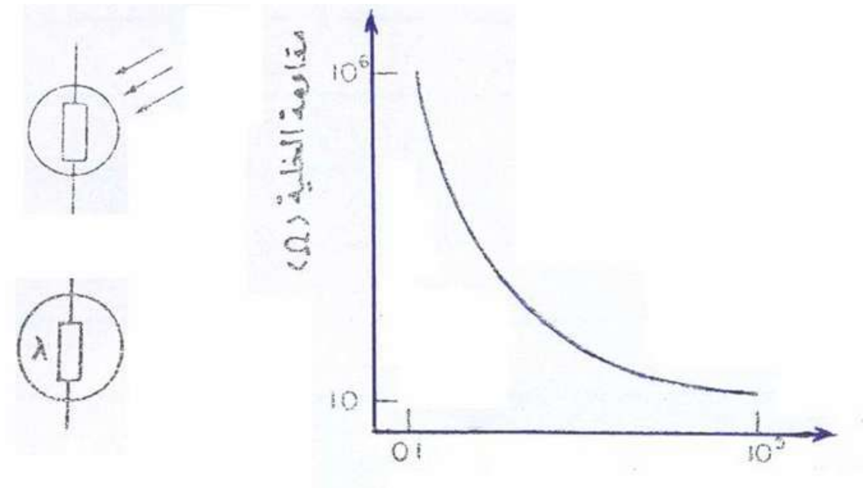
*** الانبعاث الضوئي :**

إذا سقطت أشعة ضوئية على سطح معدني حساس للضوء ، فإن هذا يسبب تحرر الالكترونات من هذا السطح ، وتنطلق إلى الوسط المحيط ويسمى هذا بالانبعاث الضوئي .

فإذا وصل هذا السطح بالقطب السالب لبطارية في مواجهة قطب آخر موجب فإن الالكترونات الحرة تنطلق الى القطب الموجب " ويسمى الأنود " مسببة مرور تيار كهربي.

خلايا التوصيل الضوئية Photo Conductive Cells :

خلية التوصيل الضوئي هى مقاوم حساس للضوء أو مقاوم ضوئي تتغير مقاومته بتغير شدة الضوء الساقط عليه . فعند زيادة شدة الضوء تزيد موصليته أى تقل مقاومته كما يوضح ذلك المنحنى بشكل (٦ – ٦) ومنه نرى ان العلاقة بين مقاومة الخلية وشدة الضوء هى علاقة غير خطية .

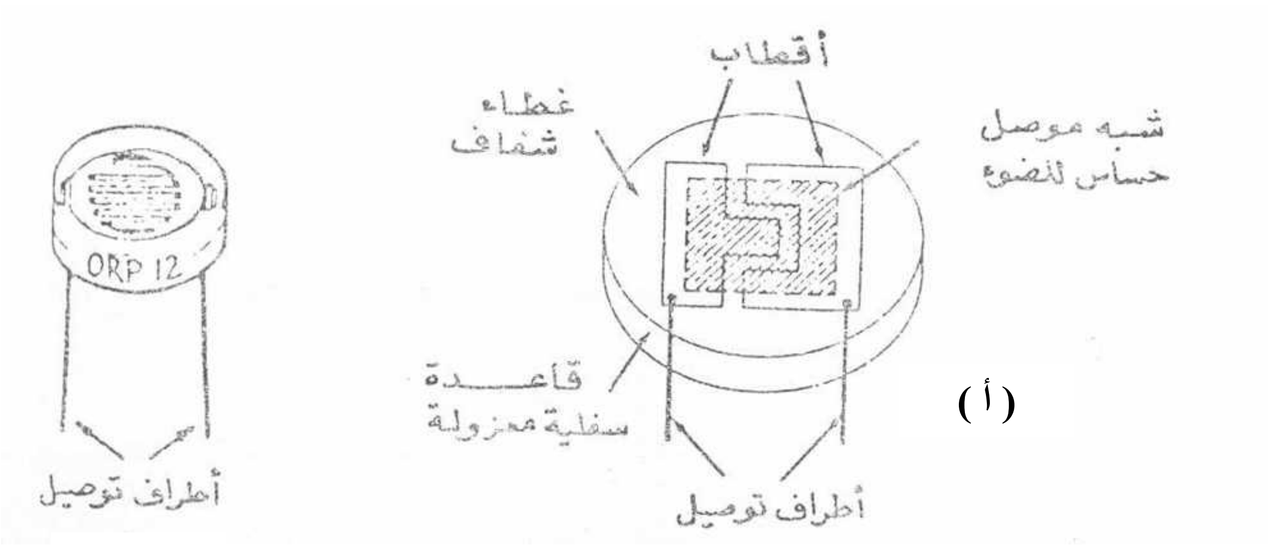


شكل (٦-٦) خلايا التوصيل الضوئية

وعلى سبيل المثال تتغير مقاومة الخلية من قيمة 1MΩ في حالة الاظلام التام الى حوالي 10Ω عند الاضاءة الكاملة .

التركيب:

شكل (٦–٧–أ) يبين تركيب وحدة من هذه الخلايا حيث توضع طبقة شبه موصلة (مثل كبريتيد الكادميوم) بين قطبين معزولين عن بعضهما . ويوضع الكل بداخل غلاف شفاف ويبين شكل (٦–٧ – ب) نموذج لشكل خلية التوصيل الضوئي.

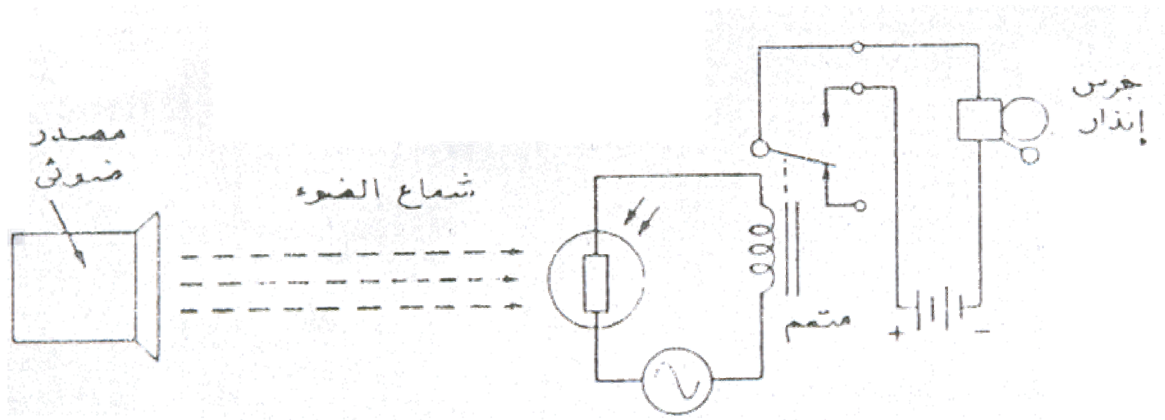


(ب)

شكل (٦–٧) خلية التوصيل الضوئي .

الاستخدام :

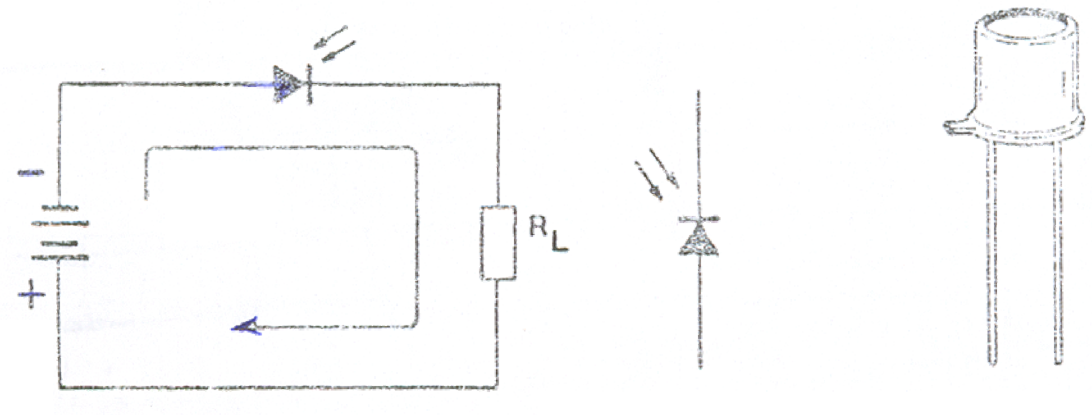
توجد تطبيقات عديدة لاستخدام خلايا التوصيل الضوئي في مجال الالكترونيات ومن امثلتها : الاستخدام في أجهزة الاختبار ذات الدقة العالية لقياس شدة الضوء ، دوائر التحكم في الأبواب أوتوماتيكيا، دوائر الكشف عند اقتحام مكان ما والشكل (٦–٨) يبين دائرة بسيطة لهذا النوع من الدوائر حيث ان مصدر الضوء يسقط شعاعاً رفيعاً من الضوء على خلية موصلة بالتوالي مع متمم Relay ومصدر جهد في الوضع العادى يكون الضوء ساقطاً على الخلية فتكون مقاومتها منخفضة، وهذا يسمح بمرور تيار كاف لتغذية ملف المتمم فيعمل على جذب الحافظة لأسفل وبهذا تكون دائرة الجرس مفتوحة. أما إذا قطعت أشعة الضوء عن طريق اقتحام شخص لهذا المكان فإن مقاومة الخلية تزيد بشكل ملحوظ ويقل التيار المار في ملف المتمم ، فتقل فاعليته، وترتفع الحافظة لأعلي ، وتكتمل دائرة الجرس فيعمل محدثاً صوتاً كإنذار.



شكل (٦–٨) دائرة إنذار باستخدام خلية التوصيل الضوئى

*** الثنائي الضوئي photo diode :**

الثنائي الضوئي هو ثنائي ذو وصلة PN (تصنع عادة من السليكون) داخل غلاف به فتحه أو عدسة لكي تسمح بسقوط الضوء على الوصلة PN كما في الشكل (٦–٩–ب)



أ- تغليف الثنائى　　　الرمز　　　ب – توصيل الثنائى الضوئى بالدائرة (انحياز عكسى)

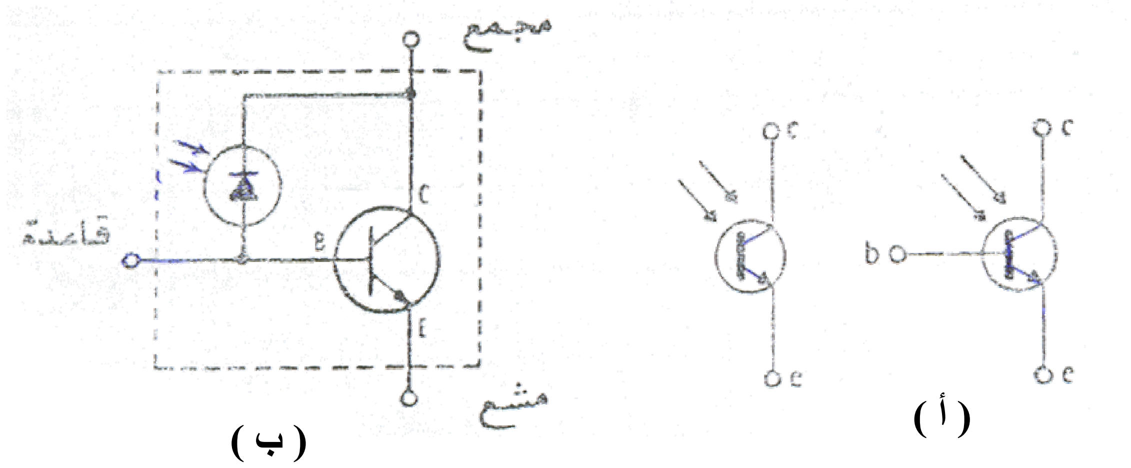
شكل (٦ – ٩)

للثنائي الضوئي ميزة هامة عن نبائط التوصيل الضوئى الاخرى حيث يمكنه الاستجابة بشكل أسرع للتغيرات فى كثافة الضوء ، ولهذا يستخدم في التطبيقات التي يكون فيها تغير كثافة الضوء بمعدل سريع مثل وحدات قارئ الصوت بالأفلام السينمائية وفي الحاسبات الالكترونية حيث يقوم بتحويل الرمز من البطاقات الى إشارة كهربية منخفضة بالمقارنة مع نبائط التوصيل الضوئي الأخرى.

*** الترانزستور الضوئي Photo Transistor :**

لا يختلف الترانزستور الضوئى عن الترانزستور العادى في التكوين ولكن الترانزستور الضوئي به فتحة عليها عدسة لدخول الضوء وشكل (٦-١٠-أ) يبين الرمز للترانزستور الضوئي حيث يكون له ثلاث أطراف هي:

القاعدة، المشع، المجمع. ولكن معظم التطبيقات تستخدم أطراف المشع والمجمع فقط ، ولا يستخدم طرف القاعدة إلا في قليل من التطبيقات ويبين شكل (٦- ١٠ – ب) الدائرة المكافئة للترانزستور الضوئي حيث تحتوى الدائرة على ثنائي ضوئي موصل عبر القاعدة والمجمع لترانزستور عادى .



شكل (٦- ١٠) الترانزستور الضوئى

ويعمل الترانزستور الضوئي مثل الترانزستور العادى تماماً ، عدا أنه بدلا من تغذية القاعدة بتيار خارجي لدفع الترانزستور للعمل كما في حالة الترانزستور العادي ، فإن الثنائي الضوئي الموجود بين المجمع والقاعدة في الترانزستور الضوئي يستعمل كمصدر للتيار ، فعند سقوط الضوء فإن الثنائي الضوئي يعمل على مرور تيار كبير بين المشع والمجمع بالتحكم في كسب التيار للترانزستور والعكس في حالة عدم وجود ضوء فإن التيار العكسى للثنائي الضوئي يكون صغيراً ، وبالتالي يقل التيار المار من المشع الى المجمع .

يمتاز الترانزستور الضوئي بأنه ينتج تيار خرج أعلى بالنسبة لكثافة ضوء معينة ، لأن الترانزستور به إمكانية التكبير ، ولكن الترانزستور الضوئي به عيب كبير وهو أنه لا يستجيب للتغيرات السريعة في كثافة الضوء مثل الثنائي الضوئي.

يستخدم الترانزستور الضوئي على نطاق واسع في تطبيقات مثل:

١- كاشف للدخان واللهب فى دوائر الإنذار

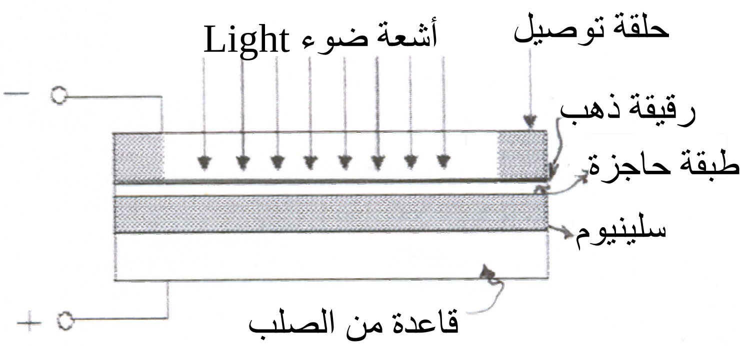
٢- التاكوميتر لقياس السرعة .

٣- فتح الأبواب أوتوماتيكياً .

٤- عد المنتجات في حالة الانتاج بالجملة .

*** الخلايا الشمسية :**

تتكون الخلايا الشمسية من طبقة حساسة من مادة شبة موصل مثل مادة السلينيوم مثبتة على الكترود من الصلب يستخدم كقطب موجب ويوضع فوقها طبقة أخرى رقيقة جداً من الذهب ثم توضع فوقها حلقة معدنية ملامسة لها تستخدم كقطب سالب.



شكل (٦- ١١)

وتمر أشعة الضوء داخل الحلقة المعدنية إلى الخلية من خلال طبقة من الورنيش الشفاف كما في شكل(٦-١١)

*** خواص الخلايا الفوتوفولتية أو الخلايا الشمسية :**

توصف الخلايا الفوتوفولتية أو الخلايا الشمسية بعلاقتين أساسيتين:

العلاقة الاولى تحدد القوة الدافعة الكهربية المنتجة بين طرفى الخلية ذات الدائرة المفتوحة (Open Circuit) المقابلة لشدة الاستضاءة الساقطة على الخلية.

والعلاقة الثانية تحدد قيمة التيار المار في دائرة الخلية عند توصيل طرفيها توصيلاً مباشراً أى دائرة قصر Short Circuit

هاتين العلاقتين تحددان أفضل تحميل للخلية لتحديد عدد الخلايا المطلوب توصيلها على التوالي وعلى التوازي لتحقيق جهد المصدر المطلوب وكذلك تيار الحمل المناسب عند استخدام هذه الخلايا في أحد التطبيقات .

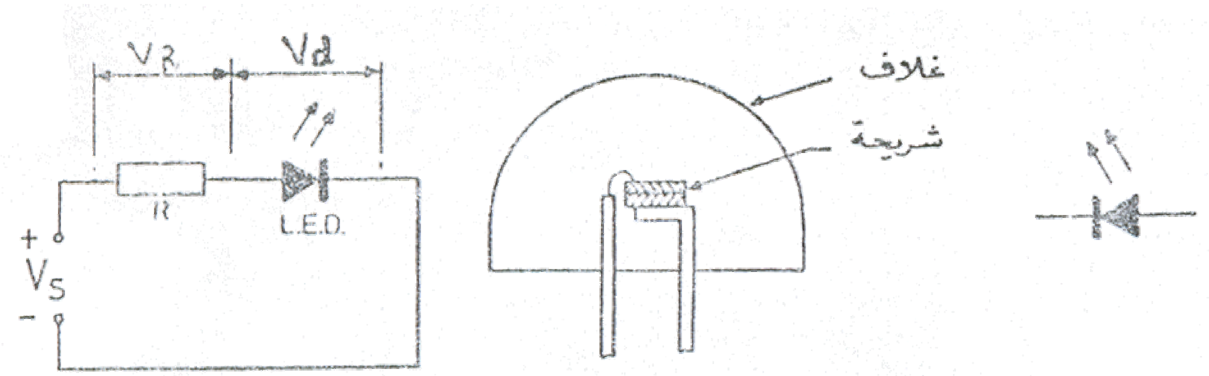
٦-٤ النبائط المشعة للضوء :

*** نبائط الإنبعاث الضوئي " المشعة للضوء " :**

تقوم هذا النبائط بتحويل الطاقة الكهربية إلى طاقة ضوئية، ومن أمثلتها: المصابيح المتوهجة ومصابيح النيون .وهذه المكونات حل محلها نبائط من أشباه الموصلات مثل الثنائيات المشعة للضوء .

*** الثنائي المشع للضوء Light Emitting Diode (L E D) :**

الثنائي المشع للضوء هو ثنائي ذو وصلة PN وله نفس الخصائص الكهربية للثنائي العادى . ولكنه يمتاز عنه بأنه يشع ضوء مرئي (في هيئة فوتونات) في وضع انحياز امامى وأكثر الألوان المتاحة في المدى المرئي هى الأحمر والأخضر والأصفر والبرتقالي ، ويتوقف الضوء المشع على نوع المادة المستخدمة في تصنيع الثنائي .



الدائرة الاساسية لتوصيل الثنائى المشع للضوء — التركيب — الرمز

شكل (٦-١٢)

وشكل (٦-١٢) يبين التركيب الأساسي والرمز لمثل هذا الثنائي ، ويكون الجهد عبر الثنائي المشع للضوء عند الانحياز الامامي ما بين 1.57 إلى 2V وأقصى قيمة للتيار 50 mA ،وتيارالتشغيل العادي من 10 mA إلى 20 mA ولهذا توصل معه مقاومة تحديد بالتوالي كما في شكل (٦-١٣) الذى يوضح الدائرة الاساسية لتوصيل الثنائي المشع للضوء مع مصدر جهد مرتفع وتحسب قيمة المقاومة R كالآتي:

$$R = \frac{V_s - V_d}{I_d}$$

حيث:

V_S = جهد المنبع .

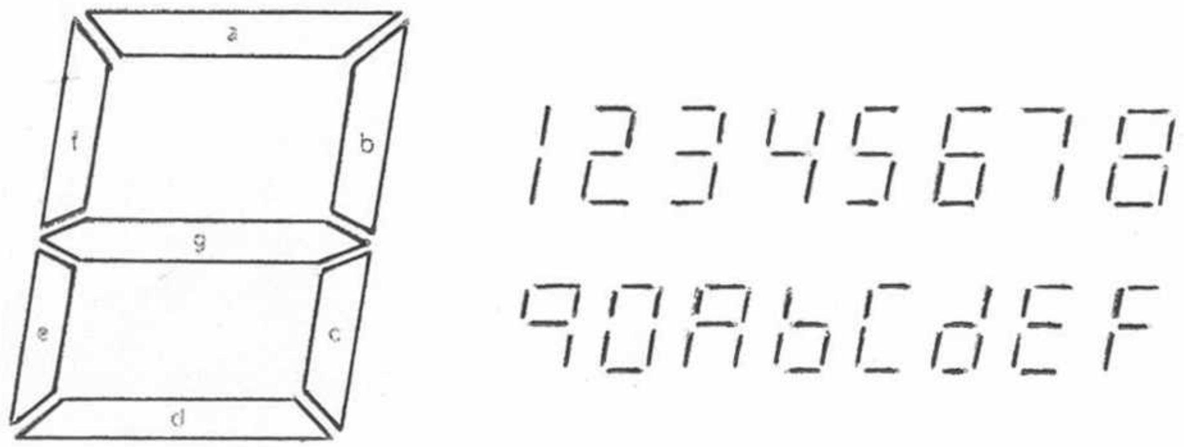
V_d = الجهد عبر الثنائي في حالة الأنحياز الأمامي .

I_d = التيار الأمامي للثنائي .

تستعمل الثنائيات المشعة للضوء المرئي غالباً كمبين ضوئي بسيط (لمبة بيان) لإعطاء بيان لحالة التوصيل (on) وحالة الفصل (off). كما يمكن ترتيب مجموعة من هذه الثنائيات بشكل معين لعمل نموذج يستخدم في العرض الرقمي فى عديد من الأجهزة مثل: أجهزة القياس، الحاسبات الالكترونية، والساعات الرقمية .... الخ .

*** نبائط العرض ذات السبع شرائح باستخدام الثنائيات المشعة للضوء :**

تتكون نبائط العرض ذات السبع شرائح بإستخدام LED's من سبع ثنائيات تمثل سبع شرائح مرتبة على هيئة  كما فى شكل (٦-٣) وتميز كل شريحة بحرف معين من حرف a إلى حرف (g) ويمكن عرض أى رقم من " 0 " إلى " 9 " بالاضافة الى عدد قليل من الحروف وذلك بإضاءة مجموعة من هذه الشرائح كما في شكل (٦-١٣) .



سبع شرائح مرتبة على هيئة 8

يمكن عرض أى رقم بإضاءة مجموعة من الشرائح

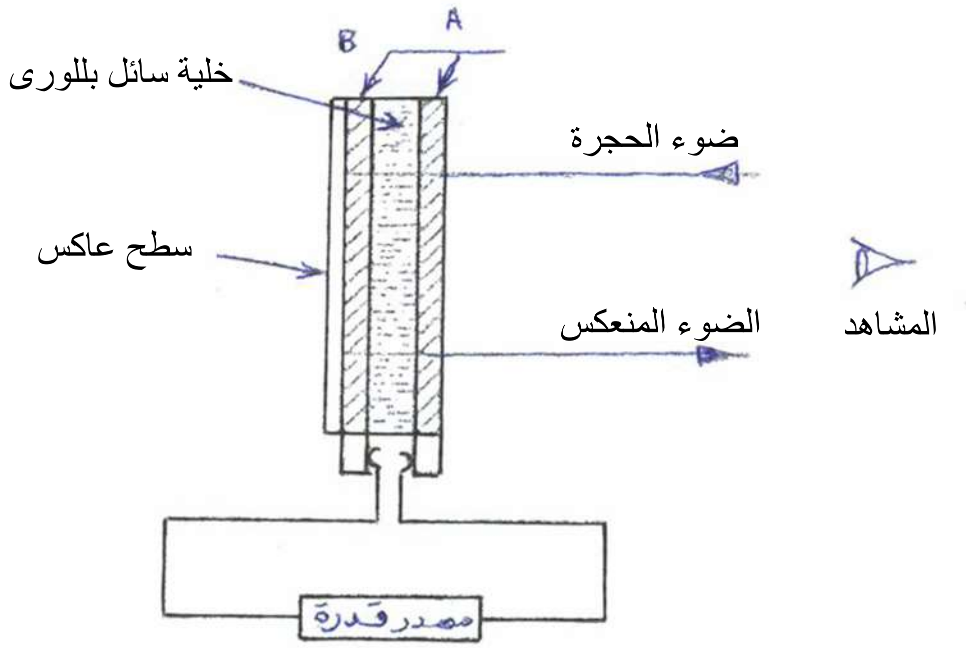
شكل (٦- ١٣)

*** مبينات السائل البللوري LCD's :**

تستعمل مبينات السائل البلوري إما لعرض الأرقام، أو الأرقام والحروف معاً كما هو الحال بالنسبة لمبينات العرض بإستخدام الثنائيات المشعة للضوء الـ LCD's في إنها تتحكم في الضوء ولا تولده كما في حالة الـ LED's ويمتاز مبين السائل البللوري بأنه يحتاج الي جهد وتيار تشغيل منخفض أى قليل القدرة المستهلكة مما يجعل هذا النوع مثالياً للإستخدامات المتنقلة والصغيرة مثل ساعات اليد والحاسبات الصغيرة . والشكل (٦-١٤) يوضح فكرة عمل مبين السائل البللوري حيث يوضع السائل البللوري بين مرشحين للضوء A . B كما يوجد سطح عاكس للضوء خلف المرشح

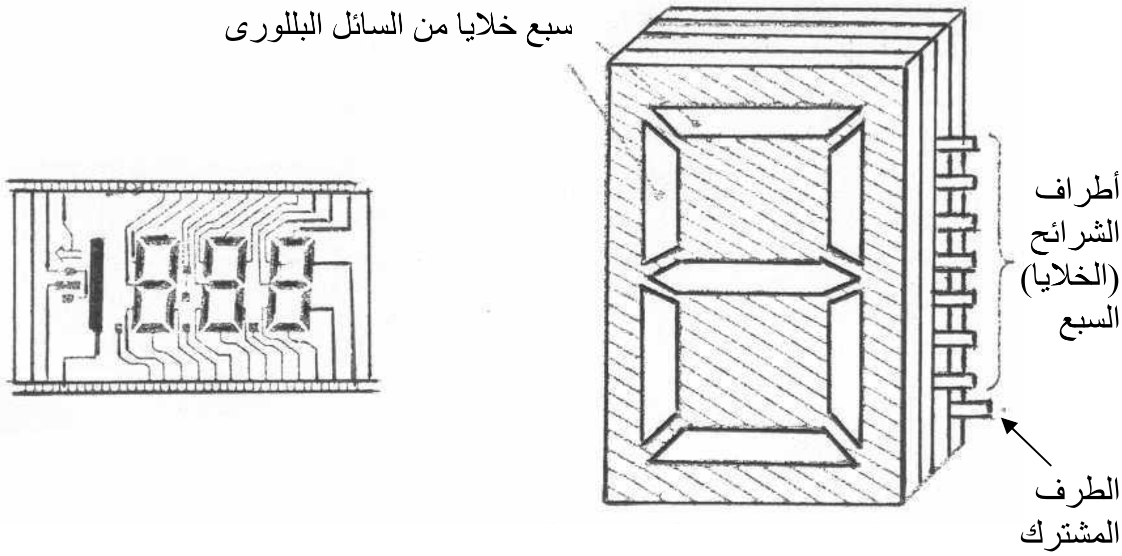
B ، ويغطى السطحان الداخليان للمرشحين بسطح موصل شفاف لتوصيل التغذية بالقدرة إلى السائل البللوري . فى حالة عدم توصيل مصدر القدرة . فإن ضوء الغرفة الساقط على المبين لا يمتص عن طريق السائل البللوري بل يعبر الضوء المرشحات والسائل ثم ينعكس عن طريق السطح العاكس وبهذا تظهر مساحة السائل البللوري مثل الخلفية المحيطة بها أى لا يظهر أى شيء .

أما فى حالة توصيل مصدر القدرة فإن ضوء الغرفة الساقط يعبر المرشح A ويمتص في السائل البللورى فتظهر مساحة السائل البللوري سوداء بالنسبة للخلفية المحطية بها ، ويمكن ضبط المرشحات في المصنع بحيث تظهر مساحة السائل بيضاء وسط خلفية سوداء أو العكس أى تظهر مساحة السائل سوداء وخلفية بيضاء.



شكل (٦ – ١٤) فكرة عمل مبين السائل البلورى

يمكن ترتيب سبع خلايا من السائل البللوري على هيئة رقم  كما في شكل (٦–١٥) وذلك للحصول على مبين سائل بللوري ذى سبع شرائح ، كما يمكن عمل مبين رقمى متعدد الخانات كما في شكل (٦–١٦) وذلك بتجميع عدد من المبينات ذات السبع شرائح .



شكل (٦-١٥)
مبين ذو شرائح على هيئة 

شكل (٦-١٦)
مبين رقمى متعدد الخانات

أنواع الليزرات Types of Lasers :

توجد أنواع مختلفة من الليزرات ، فالمادة الليزرية المستخدمة لإنتاج الليزر يمكن أن تكون جامدة أو غازية أو سائلة أو شبه موصله . وكل أنواع الليزرات عادة تسمى حسب نوعية المادة الليزرية المستخدمة فيه . وهذه الأنواع هى :

١- ليزرات الحالة الصلبة (Solid – State Lasers)

٢- ليزرات الحالة الغازية (Gas – state lasers)

٣- ليزر الأكسيمر (Lasers Excimer)

٤- ليزرات الصبغة (سائلة) (Dye Lasers)

٥ – ليزرات أشباه الموصلات (Semiconductor Lasers)

ثنائى الليزر Laser Diode

تستخدم ليزرات أشباه الموصلات فى صناعة ثنائى الليزر ، إن ليزر أشباه الموصلات (ديود الليزر) هو ليزر من مادة شبه موصلة تتميز بأنها ذات فجوة حزمية مباشرة وأكثر أنواعه شيوعاً هو ديود زرنيخ الجاليوم (GaAs) الذى يصدر إشعاع أحمر بطول موجى 0.85 ميكرون .

يحدث الفعل الليزرى فى دايود الليزر نتيجة الإنتقال المحثوث للإلكترونات بين المستويات الإلكترونية لحزمة التوصيل (Conduction Band) و المستويات الإلكترونية لحزمة التكافؤ (Valence Band) ولذلك فإن الإنتقالات قد تحدث بين أوضاع الكترونية ذات طاقات مختلفة وليس كالإنتقالات التى تكون بين مستويات طاقة محددة .

لقد تم اكتشاف هذا النوع من الليزر سنة ١٩٦١ وله كثير من التطبيقات العملية أهمها فى حقل الإتصالات وقد استخدم أيضا فى ضخ أنواع أخرى من الليزر حيث يتميز هذا النوع من الليزر (ليزر شبه الموصلات – ديود الليزر) بما يلى :

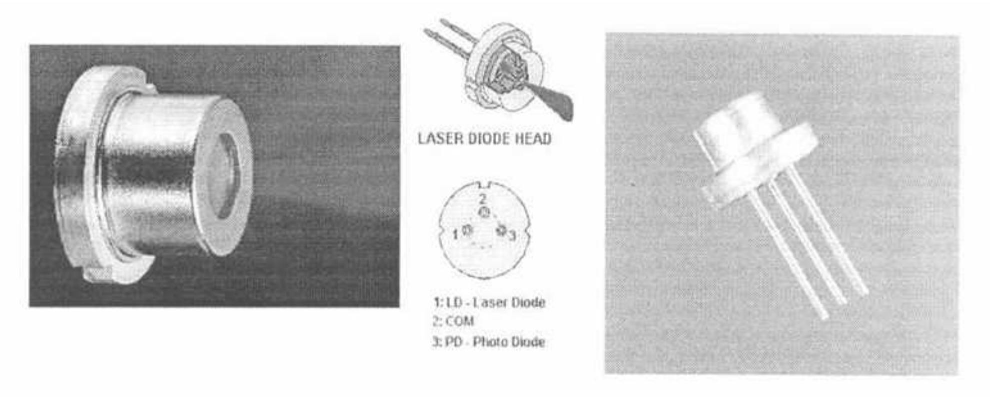
١- صغر الحجم
٢- الكفاءة العالية التى قد تصل إلى ٣٢ ٪
٣- إمكانية التحكم بشدة الشعاع الخارج مباشرة بواسطة التيار الكهربائى
٤- رخص الثمن
٥- خاصية التنغيم أى إمكانية الحصول على أى طول موجى من بين أطوال موجية متعددة من الليزر نفسه .
٦- شدة الإضاءة العالية (أى أنه يصدر كمية كبيرة من الضوء مركزة فى منطقة ضيقة
٧- ذات عمر تشغيلى كبير مما يمكننا من الإعتماد عليه فى الإستخدامات التى يكون من الصعب القيام بعمليات تبديل القطع فيها أى أنه ذو كفاءة عالية .

إن لدايود الليزر إنتقالات متعددة أى يمكن للإلكترونات أن تنتقل بين عدة طبقات وذلك على اختلاف الذرات وتؤدى هذه الإنتقالات إلى حدوث انبعاث ليزرى ، ويمكن اجمال أهم هذه الإنتقالات بما يلى :

١- الإنتقالات بين المستويات الطاقية للذرات الشائبة المضافة إلى المادة الأصلية
٢- الإنتقالات بين المستويات الطاقية للأنطقة الموجودة فى المواد النصف ناقلة النقية
٣- الإنتقالات بين المستويات المغناطيسية

يتم تصنيع ديود الليزر للإستخدامات التى تحتاج إلى طول موجه صغير من زرنيخ الجاليوم والألومنيوم GaAlAs أما الأجهزة التى تحتاج إلى طول موجه كبير فيصنع الدايود من lnGaAsP (انديوم – جاليوم – زرنيخ – فوسفور)

ويبين شكل (٦-١٧) بعض الصور الحقيقية لدايودات الليزر باشكال متنوعة



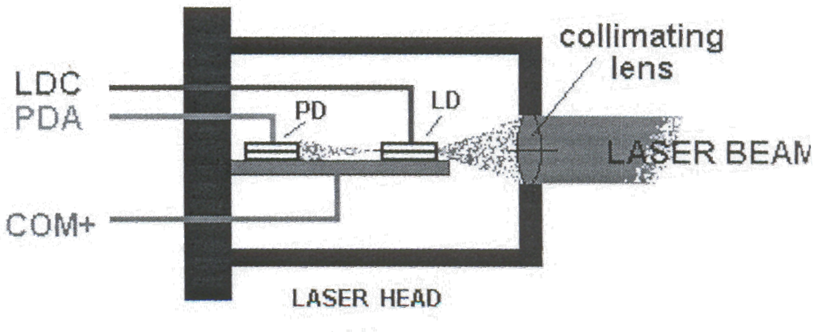
شكل (٦-١٧)

تركيب ديود الليزر :

يتكون كما ذكرنا من وصلة P-N هى عبارة عن الوسط الفعال والذى تضخ إليه الطاقة باستخدام التيار الكهربائى ويحيط بهذا المتصل طلاء عاكس تطلى به النهايتان المتقابلتان من رقاقة الليزر نصف الناقل ولكن فى بعض الأحيان يكون ذلك غير ضرورى لأن معامل الإنكسار للهواء أصغر بكثير من معامل الإنكسار لمعظم المواد نصف الناقلة التى يصنع منها المتصل .

ونلاحظ وجود نوعين رئيسيين لبنية شريحة ديود الليزر وذلك حسب الشكل وطريقة الإشعاع أو بالأحرى منطقة الضوء الصادر .

فالنوع الأول يصدر الضوء عمودى على الوسط الفعال والآخر موازى له وشكل (٦-١٨) يبين شكل مبسط لبنية الليزر بشكل عام



شكل (٦-١٨)

توضع الرقيقة نصف الناقلة المولدة لأشعة اليزر ضمن تشكيلة هيكلية لحمايتها من التعرض المباشر للبيئة المحيطة ولتأمين أسلاك التوصيل إلى الرقيقة بشكل عملى ويضاف إليها عدسات لتقويم الإنتشار الذى قد ينشأ فى بعض الأحيان ولتضييق حزمة الضوء فى منطقة صغيرة أو لزيادة مساحة المنطقة المضاءة حسب الطلب وهذا ما يوضحه شكل (٦-١٨) .

أنواع ديودات الليزر :

توجد بنيتان رئيسيتان لدايود الليزر هما :

١- بنية فابرى- بيترو أو FP .

٢- البنية ذات التغذية العكسية المجزأة أو DFB .

استخدامات دايود الليزر :

١- الأياف البصرية

٢- قارئات الأقراص المضغوطة CD والأقراص العالية الدقة المستخدمة فى الأفلام DVD

٣- الطابعات الليزرية

٤- مؤشرات الليزر المستخدمة بكثرة هذه الأيام

٥- الماسحات الضوئية

٦- أجهزة الـ Bar Code فى المكتبات والمحلات التجارية

تذكر (الدوائر المتكاملة – النبائط الضوئية)

- الدائرة المتكاملة دائرة الكترونية كاملة تحتوى على ترانزستورات ، ثنائيات ، مقاومات ومكثفات + التوصيلات الخاصة بهذه المكونات .

- لا توجد دوائر متكاملة تحتوى على ملفات أو محولات .
- الدائرة المتكاملة صغيرة الحجم – رخيصة الثمن – خفيفة الوزن .
- الدائرة المتكاملة تستهلك قدرة صغيرة جداً جداً .
- لا يمكن اصلاح الدائرة المتكاملة إذا تلف أحد مكوناتها بل تستبدل بأخرى .
- الدائرة المتكاملة للقدرات الصغيرة فقط .
- يمكن تنفيذ دائرة متكاملة عن طريق نشر شوائب نوع N وشوائب نوع P داخل شريحة من نوع P ويمكن التحكم في المقاوم عن طريق الطول والعرض.
- عدد الأطراف الشائعة على الجانبين DIP هو ٨-١٤-١٦-٢٤ طرف.
- تغلف الدائرة المتكاملة بعد صنعها لحمايتها من الرطوبة والأتربة.
- الدوائر المتكاملة الخطية IC's تستخدم في مجال الالكترونيات.
- الدوائر المتكاملة الرقمية تعمل في حالتين 1, 0.
- الدوائر المتكاملة الرقمية تستخدم فى الدوائر المنطقية والآلات الحاسبة وأجهزة الكمبيوتر.
- عند سقوط ضوء على سطح حساس للضوء يسبب تحرر الالكترونات وتنطلق الى الوسط المحيط ويسمى ذلك بالانبعاث الضوئى .
- تتغير مقاومة الخلية الضوئية بتغير شدة الضوء الساقط عليه .
- تستخدم خلايا التوصيل الضوئي في دوائر التحكم في الابواب أوتوماتيكياً .
- عيب الثنائي الضوئي أن له خرج تيار منخفض مقابل تيار الضوء الساقط عليه.
- الترانزستور الضوئي به فتحه عليها عدسة لدخول الضوء.
- الثنائى الضوئي الموجود بين المجمع والقاعدة فى الترانزستور الضوئي يستعمل كمصدر للتيار المغذى لقاعدة الترانزستور.
- يستعمل الترانزستور الضوئي في التاكوميتر لقياس السرعة.
- يستعمل الترانزستور الضوئي ككاشف للدخان في دوائر الإنذار.
- تستعمل الثنائيات المشعة للضوء كمبين بسيط " لمبة بيان" لإعطاء بيان لحالتى التوصيل on أو off.
- توجد عدة أنواع من الليزرات منها :

  ١- ليزر الحالة الصلبة

  ٢- ليزر الحالة الغازية

٣- ليزر الأكسيد

٤- ليزرات الصبغة (سائلة)

٥- ليزرات أشباه الموصلات

- أشهر أنواع ديودات الليزر تصنع من زرنيخ الجاليوم (GaAs) ويصدر إشعاع أحمر بطول موجى (0.85 ميكرون)
- يحدث الفعل الليزرى فى دايود الليزر نتيجة الإنتقال المحثوث للإلكترونات بين المستويات الإلكترونية لحزمة التوصيل والمستويات الإلكترونية لحزمة التكافؤ
- يمتاز دايود الليزر بـ : صغر الحجم – الكفاءة العالية – رخص الثمن – شدة الإضاءة العالية – خاصية التنغيم – عمر أطول
- من أنواع دايودات الليزر :

١- بنية فابرى–بيترو FP

٢- البنية ذات التغذية العكسية المجزأة DFB

- من استخدامات ثنائى الليزر :

١- الألياف البصرية

٢- قارئات الأقراص المضغوطة

٣- الطابعات الليزرية

أسئلة على الباب السادس

١-اذكر انواع الترانزستور مع رسم الدائرة الكهربية لكل منها

٢-اشرح مع الرسم منحنى خواص الترانزستور عند ثبات تيار القاعدة

٣-عند دراسة خواص الترانزستور يجب الأخذ في الاعتبار نقاط هامة فما هى هذه النقاط

٤-اشرح مع الرسم تركيب ونظرية عمل الترانزستور

٥-اشرح مع الرسم طريقة تشغيل الترانزستور عن طريق المشع المشترك

٦-اشرح مع الرسم ظاهرة الانبعاث الضوئي

٧-اشرح مع الرسم نظرية الخلية الفوتوفلطية

٨-في بعض المواد شبه الموصلة تقل مقاومتها بسقوط الضوء عليها. اشرح سبب ذلك

٩-اشرح مع الرسم الوصلة الثنائية من حيث التركيب ونظرية العمل

١٠- اشرح مع الرسم نظرية عمل الثنائي المشع للضوء LED

١١- اشرح نظرية عمل خلية السائل البللوري

١٢- اشرح مع الرسم تركيب الترانزستور الضوئى وفيما يستخدم

١٣- اذكر مميزات استخدام النبائط الضوئية عن استخدام الاشارات الكهربية

١٤- يستخدم السائل البللوري في عمل فتائل عرض الأرقام والحروف اشرح مع الرسم خلية المبين البللورى

١٥-اشرح مع الرسم تركيب الخلية الشمسية

١٦-ما هى أنواع الليزرات

١٧-أذكر أنواع ثنائى الليزر ومما يصنع

١٨- ما هى مميزات ثنائى الليزر

١٩-أذكر استخدامات ثنائى الليزر

ثالثا: المنهج العملي

أساسيات الهندسة الكهربية والإلكترونية

المهنية

الأمن والسلامة داخل مكان العمل – فكرة مبسطة عن مصادر التيار الكهربي وطرق

ﻮم السلامة والصحة المهنية :

والصحة المهنية بأنها العلم الذي يهتم بالحفاظ على سلامة وصحة الإنسان وذلك بتوفير بيئات عمل آمنة ، الحوادث آو الإصابات أو الأمراض المهنية ، أو بعبارة أخرى هي مجموعة من الإجراءات والقواعد تشريعي تهدف إلي الحفاظ علي الإنسان من خطر الإصابات والحفاظ على الممتلكات من خطر التلف خل السلامة والصحة المهنية في كل مجالات الحياة فعندما نتعامل مع الكهرباء أو الأجهزة الكهربية غنى عن إتباع قواعد السلامة وبديهي انه داخل المصانع وأماكن العمل المختلفة وفي المنشآت التعليمية ﻮاعد السلامة ، بل يمكننا القول بأنة عند تناول الأدوية للعلاج أو الطعام لنمو أجسامنا فإنه يجب إتباع

ﻫداف من اتباع قواعد السلامة والصحة المهنية :

- حماية العنصر البشرى من الإصابات الناجمة عن مخاطر بيئة العمل وذلك بمنع تعرضهم ﺎبات والأمراض المهنية .
- الحفاظ علي مقومات العنصر المادي المتمثل في المنشآت وما تحتويه من أجهزة ومعدات من التلف ﺔ الحوادث .
- توفير وتنفيذ كافة اشتراطات السلامة والصحة المهنية التي تكفل توفير بيئة آمنة تحقق الوقاية من ﺮين البشرى والمادي .
- تهدف السلامة والصحة المهنية كمنهج علمي تثبيت الآمان والطمأنة في قلوب العاملين أثناء قيامهم ﻦ نوبات القلق والفزع الذي ينتابهم وهم يتعايشون بحكم ضروريات الحياة مع أدوات ومواد وآلات يكمن ﺮ الذي يتهدد حياتهم وتحت ظروف غير مأمونة تعرض حياتهم بين وقت وآخر لأخطار فادحة .

ﻫداف السابق ذكرها لابد من توافر المقومات التالية :

ﻂ الفني السليم والهادف لأسس الوقاية في المنشآت .

ﻲ النابع من الحاجة إلي تنفيذ هذا التخطيط الفني

المبني علي الأسس العلمية السليمة عند عمليات الإنشاء مع توفير الأجهزة الفنية المتخصصة لضمان ﻲ تنفيذ خدمات السلامة والصحة المهنية .

ـاعد الأمن والسلامة داخل مكان العمل :

١ - الاهتمام بنظافة مكان العمل وترتيبه وارتداء الملابس المناسبة .

٢- عدم توصيل التيار الكهربي لأي من الآلات أو الأجهزة دون إشراف المعلم .

٣ - التأكد من فصل التيار الكهربي عن آي دائرة قبل إجراء أي عمليات بها .

-٤ - التأكد من مطابقة فرق جهد المصدر الكهربي للجهد المقنن لتشغيل الأجهزة والآلات قبل تشغيلها .

-٥ - التأكد من صلاحية مكونات الدوائر الكهربية قبل توصيلها بالتيار الكهربي .

-٦ - المحافظة علي معدات العمل وأدواته واستخدامها بالطرق الصحيحة .

-٧ - إجراء الصيانة الدورية المستمرة لجميع الأدوات والأجهزة والآلات الموجودة .

-٨ - التأكد من صحة توصيل أجهزة القياس المختلفة مع الأحمال الكهربية ، كتوصيل جهاز الأميتر
ـهاز الفولتميترعلي التوازي مع اختيار المدى المناسب للقيمة المقاس والقطبية المناسبة .

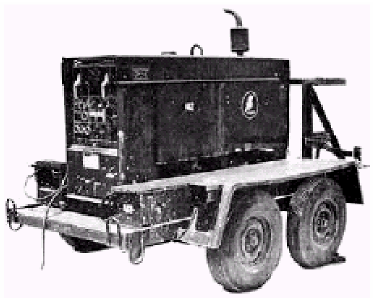
-٩ - التعاون مع الزملاء وهيئة التدريس لتحسين الأداء واكتساب المهارات .

-١٠ - تأريض المعدات والآلات الكهربية والأجسام المعدنية للأجهزة .

ـكرة مبسطة عن مصادر التيار الكهربى وطرق توزيعه :-

ـدى صور الطاقة النظيفة (أي التي لا يحدث عنها مخلفات ضارة بالبيئة) ولا غني عنها في حياتنا سواء
ـت المنزلية للإنارة والتدفئة وتشغيل الأجهزة الكهربية المنزلية والإلكترونية أو في الصناعة لتشغيل
ـة للإنتاج أو في الزراعة لتشغيل طلمبات الري أو حفظ المحاصيل أوفي المستشفيات في تشغيل الأجهزة
ومصادر التيار الكهربي كثيرة ومتعددة نذكر منها علي سبيل المثال لا الحصر

١ - المولدات الكهربية وهي إما أن تكون ذات قدرات صغيرة وتستخدم في المنازل أو المصانع
. (ـ



شكل (١- ١) ماكينة توليد كهرباء

ـرات كبيرة تستخدم لتغذية المدن والمصانع عن طريق خطوط النقل الكهربية وتنسب هذه المحطات إلي
ة التي تديرها ومنها :
ـمل بوقود مشتقات البترول (سائل أو غازي) .
ـارية تعتمد علي الطاقة الحرارية الناتجة عن تسخين المياه (البخار) .
ـة تعتمد علي الطاقة الناتجة من تساقط أو اندفاع المياه .
ية (المفاعلات النووية) – مصر في سبيلها الآن إلي إنشاء تلك المحطات .
٢ - البطاريات السائلة (المستخدمة في السيارات) أو الجافة (المستخدمة في كشاف الطوارئ)



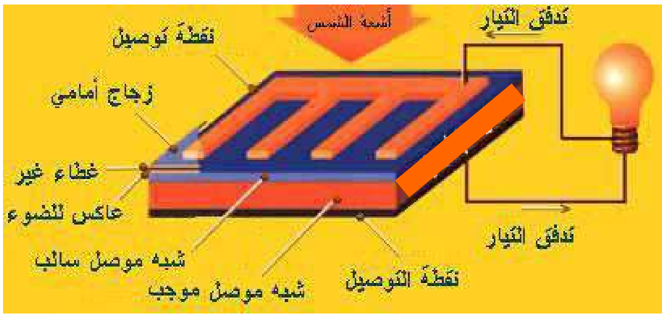
شكل (١- ٢) يبين بعض الأشكال للبطاريات السائلة والجافة

٤- ٣ - الأعمدة الجافة بمختلف أنواعها تمثل مصادر بسيطة للتيار الكهربي شكل (١- ٣) .



شكل (١-٣) عامود جاف 1.5 فولت

٤- ٤ ـ الخلايا الشمسية والضوئية وهي مصادر حديثة للتيار الكهربي (١- ٤) .



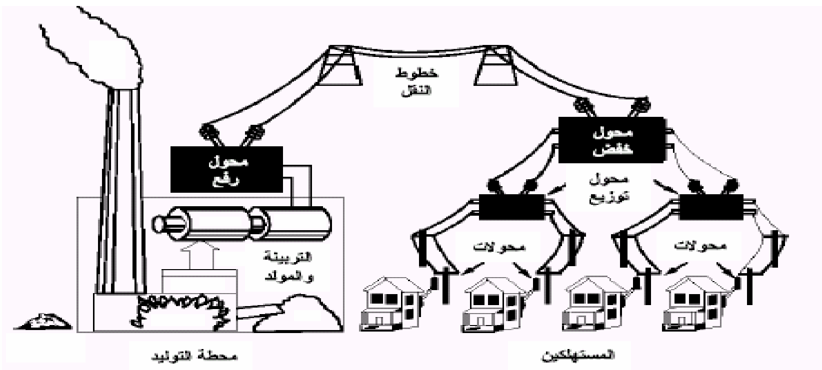
شكل (١-٤) يوضح دائرة بسيطة تستخدم الخلية الشمسية لإنارة مصباح كهربي

ر أخري تعتمد علي توليد القدرة الكهربية بفعل طاقة الرياح شكل (١-٥).



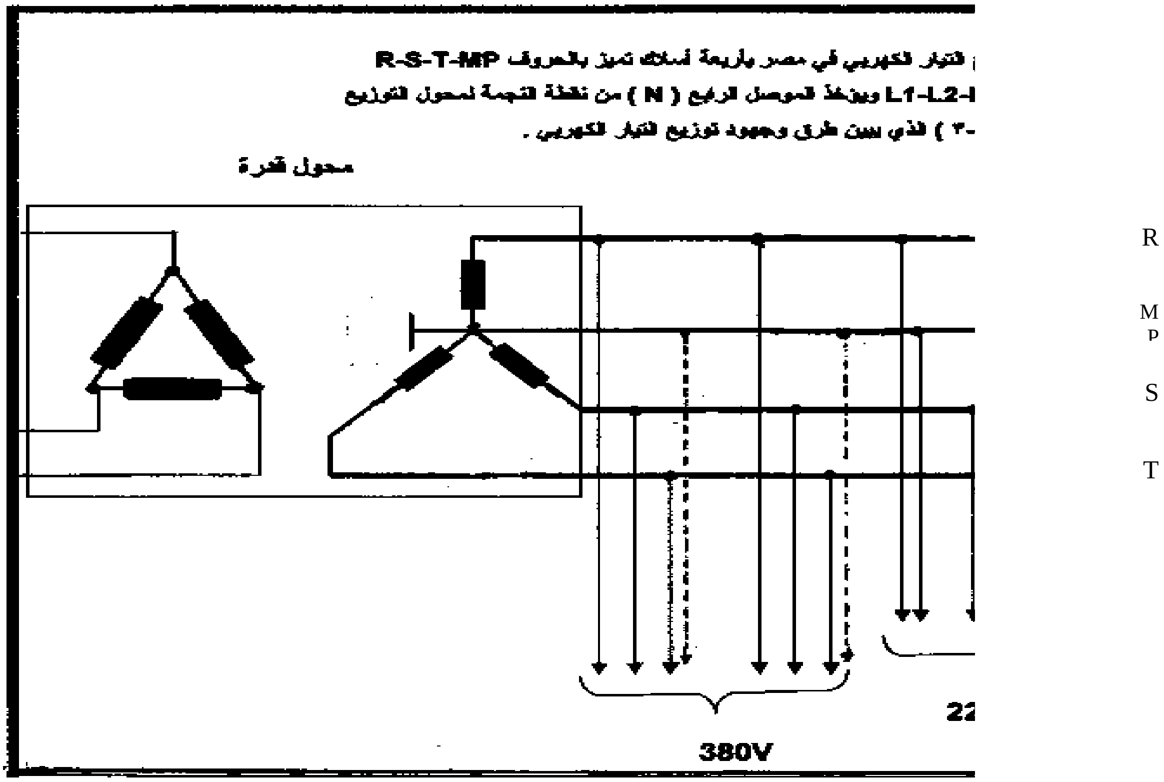
شكل (١-٥) مولد كهربي ي يعمل بفعل طاقة الرياح

الكهربية من أماكن التوليد إلي أماكن الاستهلاك تستخدم محولات قدرة لرفع الجهد وبالتالي ينخفض التيار
ساحة مقطع الموصلات المستخدمة فتقل تكلفة منظومة النقل ويعاد استخدام محولات قدرة خفض
زيع في أماكن الاستهلاك . شكل (١ – ٦)



شكل (١-٦) يبين منظومة توليد ونقل وتوزيع القدرة الكهربية

تيار الكهربي في مصر بأربعة أسلاك تميز بالحروف R-S-T-MP أو L1-L2-L3-N ويؤخذ الموصل
و MP) من نقطة النجمة لمحول التوزيع شكل (١-٧) الذي يبين طرق الحصول جهد
220 وجه واحد ، 380 V ثلاثة أوجه .



شكل (١-٧) توزيع التيار الكهربي بأربعة موصلات

اطر الكهرباء

زات الكهرباء العظيمة إلا إنها تعتبر سلاح ذو حدين حيث أن الاستعمال الخاطئ وعدم اتخاذ الاحتياطات سواء في المنازل أو المنشآت الصناعية أوالتعليمية قد يصاحبه بعض الأخطار والحوادث مما يتسبب عنه والممتلكات . وتنقسم المخاطر الكهربية حسب تأثيرها إلي قسمين أساسيين

- مخاطر تؤثر علي الإنسان :

أجزاء عارية حاملة للتيار الكهربي أثناء وقوفه علي الأرض أو ملامسته لبعض أجزاء من مبنى ليكون ربية فسوف يسرى تيارا كهربيا خلال جسمه وينتج عن ذلك ما يلي :

– ١ - صدمة كهربية : قد تؤدى للوفاة وتحدث نتيجة اتصال موصل أحد الأوجه للتيار الكهربي ي أو هيكل الأجهزة أو المعدات الكهربية ، وعندما يلمس الشخص هذه المعدات أو الموصل مباشرة صدمة كهربية نتيجة مرور تيار كهربي خلال جسمه ويعتمد مقدار الضرر الذي يصيبه علي قيمة ذلك يانه وكذا حالته الصحية والجدول (١ – ١) يبين العلاقة بين قيم التيار ونوعه والضرر الذي يصيب تعرض للصدمة الكهربية وتتوقف شدة الصدمة التي يتعرض لها الإنسان علي عدة عوامل نذكر منها :

التيار الكهربي المار بالجسم (فتأثيرالتيار المستمر DC أقل من تأثيراالتيار المتغير AC)

التيار في الجسم ، فكلما زادت مدة سريان التيار الكهربي بالجسم زاد تأثيره الضار .

ي يسري فيه التيار الكهربي ؛ فالجهاز العصبي والقلب أكثر الأعضاء تأثرا بالكهرباء ولعل المسار الأكثر اليد إلي اليد عبر الصدر مرورا بالقلب حيث قد تحدث الوفاة الفورية والجدول (١ – ٢) يبين مقاومة المختلفة.

؛ فالجلد الجاف أكثر مقاومة للإصابة بالصدمة الكهربية من الجلد الرطب .

ة الشخص لتأثير الكهرباء .

– ٣- الحروق : تختلف شدتها من حروق بسيطة تنشأ عن تيارات ضعيفة إلي حروق

تيارات ذات جهد عالي والتي تؤدي إلي تدمير لمعظم طبقات الجلد .

نتج عن الصدمة الكهربية عتامه في العدسة وذلك لسريان التيار

ر من خلال العين الذي ينتج عنه تعرض العين للوميض الكهربي ؛

ل اللحام بالقوس الكهربي .

الجدول(١ - ١) يلخص القيم المؤثرة للتيار الكهربي علي جسم الإنسان

	ة التيار ي أمبير)	التيار المتغير	التيار المستمر
	١ - ٦	بداية الشعور برجفة خفيفة في الأصابع	لايشعر به
	١ -٣	رجفة في الأصابع	لايشعر به
	ـــ ٧	رجفة في اليدين	شعور بالحرارة
	ـــ ١٠	شعور بالألم في الأصابع وعظام اليدين ويستطيع المصاب التخلص من مصدر الصدمة بسهوله	شعورزائد بالحرارة
	- ٢٥	عجز اليدين عن الحركة وعجز المصاب عن التخلص من مصدر الصدمة وشعور بضيق في التنفس	شعورزائد بالحرارة
	- ٨٠	توقف التنفس واضطراب في الدورة الدموية قد يسبب الوفاة	تقلص وصعوبة في التنفس
	ـــ١٠٠	توقف التنفس ويتوقف القلب بعد ٣ ثوان وتحدث الوفاة	توقف التنفس
	- ٢٠٠	توقف القلب وحدوث الوفاة بشكل مؤكد	حدوث الوفاة
	ن ٢٠٠	توقف التنفس والقلب وحدوث حروق كبيرة	حدوث الوفاة

لتيار المارة بجسم الإنسان تتوقف علي مقدار مقاومة أعضاء جسم الإنسان . وفيما يلي جدول يبين مقدار

والجدول (١ – ٢) يبين مقاومة أعضاء الجسم المختلفة :

سلسل	البيـــــــــان	المقاومة بالأوم
١	من القدم الي القدم	٦٥٠٠
٢	من اليد الي القدم	٤٥٠٠
٣	من اليد الي اليد	٤٠٠٠
٤	من الي القدمين معا	٣٠٠٠

٦	من اليدين الي القدمين	١٨٠٠

سابقين يمكن حساب شدة التيار المارة بجسم الإنسان ومدى تأثيرها علية وذلك باستخدام قانون أوم
ربي = خارج قسمة فرق الجهد علي المقاومة)

خاطر تؤثر على المنشآت والمواد :-

تخدام ومراعاة شروط الأمن للطاقة الكهربية قد تحدث حرائق وانفجارات أو تلف بالمعدات . دلت
ي أن أسباب الحوادث الناجمة عن سوء استخدام القوى الكهربية تنحصر فيما يلي :

ائد

ة

دات أو مهمات كهربية تالفة

مكهربة

الأجهزة والمعدات بالأرضي .

الوقاية من مخاطر التيار الكهربى والصدمة الكهربية والإسعافات الأولية للمصابين بالصدمة الكهربية :

طرق الوقاية من مخاطر التيار الكهربي والصدمة الكهربية :

ب الأسلاك الكهربية لإغراض الإنارة أن تكون داخل مواسير عازلة ولايجوز تركها مكشوفة حتى لا
طوبة أو تؤثر فيها الحرارة التي يمكن أن تؤدى آلي قصر كهربي .

عمل عقد بالسلك المدلي لتقصيره أو دق مسامير عليه لتقريبه من الحائط ولأغراض التقصير يقطع
المقاس المناسب .

تكون الأسلاك والكابلات المستخدمة في التوصيلات الكهربية مناسبة لشدة التيار المار بها ؛ كما توصل
ية للأجهزة والمعدات بالقطب الأرضي .

تحميل آي مأخذ كهربي (بريزة) بحمل زيادة عن المقنن له وعند آي زيادة في درجة حرارة المفاتيح
الكهربية إبلاغ الفني المختص لعمل أتلازم ، ويجب عدم القيام بأي أعمال في التوصيلات الكهربية أو
بمعرفة المختص المسئول عن الصيانة الكهربية .

لأجهزة والمعدات بمجمع أرضي إستاتيكي مناسب لتفريغ أي شحنات إستاتيكية فور تولدها .

اعاة الأسس القياسية الكهربية حسب الكود المصري وشروط الأمان عند تركيب الأجهزة الكهربية
المحركات ، لوحات التوزيع الكهربية ، المفاتيح ، البرايز (مآخذ التيار) ....

أي احتمال للمس المفاجئ للموصلات الحاملة للتيار الكهربي .

تركيب أي أجهزة كهربية في العراء يجب تسويرها بالحواجز الواقية لمنع الاقتراب منها .

ع تعليمات تحذيرية واضحة بحيث بسهل قراءتها بجانب الأجهزة والمصلات الحاملة للتيار الكهربي تبين
خاصة الجهد العالي .

ون القائمين علي أعمال الصيانة الكهربية للأجهزة والمعدات والتركيبات الكهربية فنيين مدربين كل في
جب قبل إجراء أي إصلاحات للأجهزة أو التركيبات الكهربية فصل التيار الكهربي والتأكد من ذلك
الحالات توصل هذه الأجهزة بالأرضي العام) ، ويجب ارتداء ملابس الوقاية المناسبة .
مل صيانة دورية للأجهزة والتركيبات الكهربية وإصلاح ما يظهر من أعطال فور اكتشافيها وتغيير

م تعريض الأسلاك والكابلات المعزولة للشمس أو الحرارة المباشرة حتى لا يتعرض العازل للتلف بعد

اعاة وضع لوحات التوزيع العمومية والفرعية والمفاتيح والبرايز خارج الغرف التي تحتوي علي أبخرة
ازات قابلة للاشتعال .
صيص منصهرات لكل مجموعة من الدوائر مع استخدام القاطع الكهربي الأتوماتيكى (C.B) وذلك
لكهربي في حالة زيادة الأحمال آو حدوث قصر كهربي .
تكون المفاتيح ومآخذ التيار المستخدمة داخل مخازن المواد الكيميائية من النوع المعزول المخمد للشرر
صا لهذا الغرض .
كيب قواطع حماية ضد التسرب الأرضي . Earth leakage protection
ع التيار الكهربي عن جميع المنشآت بعد انتهاء العمل أو عند مغادرة المنزل لمدة طويلة كالسفر .

- الإسعافات الأولية للمصابين بالصدمة الكهربية

شخص بالصدمة الكهربية فإنه يموت ظاهريا ولذلك يجب بذل أقصي جهد ممكن لاستعادة حياة المصاب
علي عاملين أساسيين :
لصحيحة التي يجب إتباعها عند قطع التيار عن المصاب .
ريقة الصحيحة لعمل التنفس الصناعي إذ أن إتباع الطرق الخاطئة ربما تؤدى الي إختناق المصاب
ته بدلا من إنقاذه .

– ١ - الإجراءات التي يجب إتباعها في حالة تعرض شخص لصدمة كهربية

ار الكهربي وبأسرع ما يمكن .
فتاح التحكم بعيدا يتم استخدام وسيلة لإبعاد الشخص المصاب عن مصدر التيار الكهربي باستخدام قطعة
حزام من الجلد آو أي مادة عازلة ، وعدم لمس المصاب مباشرة ؛ لأن ذلك يعرضك للإصابة بالصدمة
حرك السريع لإنقاذ الشخص المصاب وإذا تعرض للإغماء يجب إجراء عملية التنفس الصناعي له وهى
لإنقاذ المصاب حتى يستعيد وعية أو علي الأقل يبدأ في التنفس الطبيعي لحين وصول الطبيب .
صاب ببطاطين آو أي وسيلة أخرى .

ك للأطراف في اتجاه القلب مما يساعد ذلك علي وصول أكبر كمية من الدم اليه وبالتالي تنشيط الدورة

دريب عن طريق المشاهدة والمحاكاة علي كيفية إسعاف المصاب بالصدمة الكهربية :

- طريقة إجراء عملية التنفس الصناعي

صاب علي ظهره ما لم يكن مصابا بكسر في العنق أو الظهر .

ـاري الهوائية وذلك بجذب الرأس الي الخلف ودفع الفك إلي أعلي بلطف أو توضع يد تحت الرقبة واليد علي الجبهة ويغلق الأنف لمنع تسرب الهواء ومن الضرورى جذب اللسان والذقن الي الأمام لمنع إنتفاخ صاب بالهواء .

سعف شهيقا عميقا ويباشر في نفخه في فم المصاب وذلك بعد وضع منديل نظيف حول فم المصاب وإذا ـا يضع المسعف فمه علي فم وأنف الطفل معا شكل (١- ٥) قبلة الحياة .

ـه العملية مرتين متتاليتين ويلاحظ معها حركة صدر المصاب .

سعف فمه بسرعة وينصت لسماع صوت الزفير وتراقب حركة الصدر.

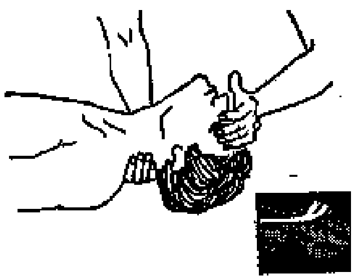
ـا الإجراء بمعدل ١٢ مرة في الدقيقة وتراقب حركة الصدر للبالغ ، وبمعدل من ١٢ الي ١٥ مرة في لأطفال .

حدوث تقيؤ أدر رأس المصاب جانبا ثم نظف فمه برفق .

ـلي استعادة المصاب وعيه هو حركة الصدر وتحسن لون الجلد وتراجعت الزرقة مع العلم بأن تحرك والبطن لا يعني بالضرورة عودة التنفس الطبيعي ولكن التنفس الطبيعي يكون بشعور المسعف بأصابعه نف والفم

لمصاب بعد التنفس الصناعي لمدة ساعة علي الأقل .

شكل (١- ٧ أ، ب ، ج) يوضح خطوات وكيفية اجراءعملية التنفس الصناعى .



أ - إمالة الرأس إلي الخلف لتفتيح مسارات دخول الهواء إلى رئتية



ب - فتح الفم لاخراج مابداخلة من أسنان صناعية أو قيء أوخلافة



ج ـ أخذ شهيق ونفخه في فم المصاب (قبلة الحياة) .

شكل (١- ٧ أ، ب ، ج) يوضح خطوات وكيفية اجراءعملية التنفس الصناعى

جي للقلب : تتطلب عملية تدليك القلب فهما دقيقا ، وتدريبا عمليا حتي تؤدى بدقة صحيحة ولاينتج **عنها**

ببب كسر فى ضلوع المصاب وتتم العملية كما يلى :

ك خارجي للقلب يجب أن يكون المصاب ممد علي ظهره فوق أرض صلبة .

عف بتحسس صدر المصاب حتى يحدد الطرف السفلي من القفص الصدري وضع أحد أصابع اليد

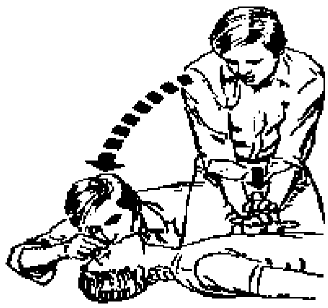
.

؛ راحة اليد اليمني علي الثلث الأسفل من نهاية القفص الصدرى وضع اليد اليسرى على اليد اليمنى .

سفل بسرعة لاتقل عن مرة في الثانية ويكون الضغط بكلتا اليدين حتى ينخفض لمسافة من ٢ : ٥ سم علي ضغط بقوة وزن الجسم ويتحقق ذلك عند ابقاء الزراعين مستقمين ولايكونا مثنيين من عند الكوع ثم ارفع ي المصاب مع ابقاء يدك علي صدر المصاب وكرر العملية بصفة منتظمة ـ اضغط ثم ارفع الضغط لاحظة أنك تقوم بعمل القلب فى دفع الدم الي جسم المصاب .

، يستمر النفخ فى فم المصاب خلال عملية التدليك بمعدل نفس واحد كل خمس ضغطات خارجية
) .

نب التأخير في إسعاف إصابة مثل النزيف أو الكسر .
ـاب لأقرب مستشفى بعد استرداد وعيه مباشرة .



ل (١ - ٨) تدليك خارجي للقلب مع استمرار النفخ في فم المصاب (التنفس الصناعي) .

الباب الثاني

التدريب علي استخدام العدد والأجهزة الميكانيكية والكهربية

بسط للعدد والأدوات وأجهزة القياس الميكانيكية والكهربية :-

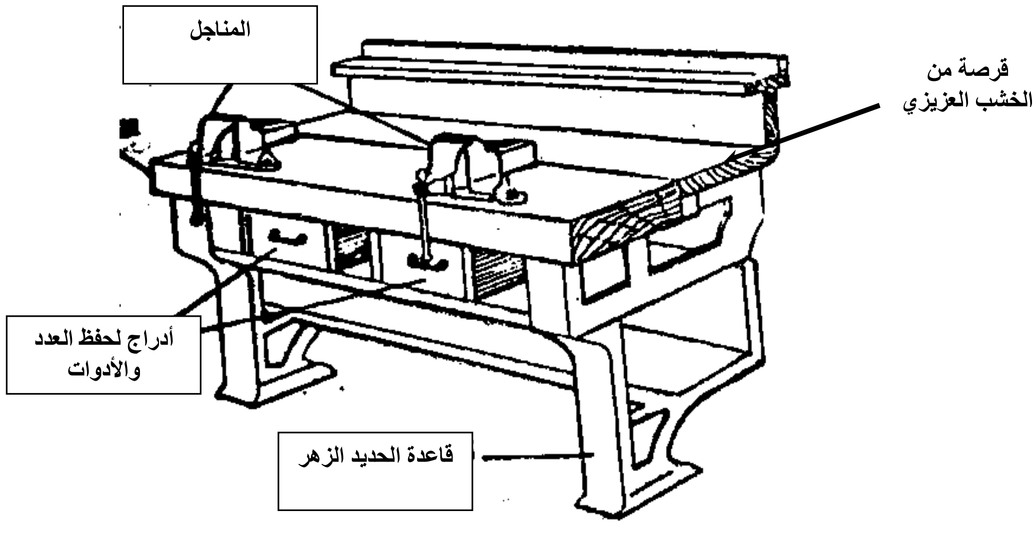
ـ العلمي السريع والمتلاحق في جميع المجالات وخاصة مجال الكهرباء و الألكترونيات يجب إعداد
ة وإكسابها المهارات الفنية اليدوية اللازمة لعمليات الصيانة والإصلاح للأجهزة المستخدمة عن التدريب
ـدد والأدوات المناسبة بطرق سهلة وآمنة دون التعرض للاخطار أو إتلاف المعدات .

لمعدات الميكانيكية

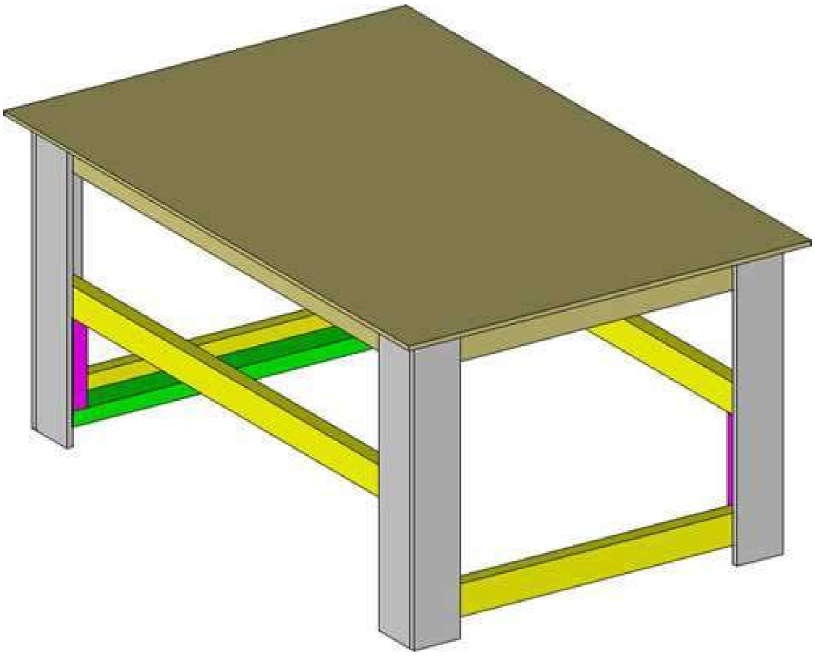
الكهربية و الإلكترونية الي عدد يدوية ميكانيكية وعدد يدوية كهربية وذلك لما تحتاجه هذه الأعمال من
سمكرة ، ولحام ، وتجليخ .....الخ ، ومن هذه المعدات و العدد :

ـ التزجه (بنك الشغل) :

من قرصة من الخشب العزيزي محملة علي قاعدة من الحديد الزهر ومثبتة عليها بمسامير غاطسة ،
اج تستخدم لحفظ العدد اليدوية الصغيرة والتي يحتاج اليها الفني أثناء إجراء العمليات الصناعية .
التزجه متينة الصنع أبعادها مناسبة (الطول – العرض – الأرتفاع) لكي يتم إنجاز العمل بسهولة ويسر
التزجه نظيفة بصفة دائمة وخالية من أى من بقايا العمليات الصناعية السابقة . و التزجه يوجدمنها أنواع
تتناسب مع الغرض المستخدمة لأجلة ، وشكل (٢-١) يبين التزجه المستخدمة في ورش الكهرباءلأعمال
٢ – ٢) بنك الشغل (للأعمال الكهربية والإلكترونية) .



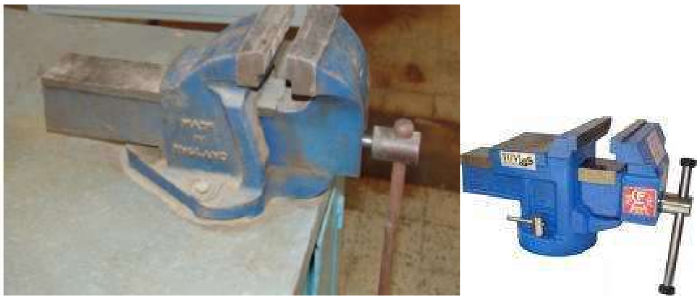
شكل (٢- ١) التزجه المستخدمة في ورش الكهرباء



شكل (٢- ٢) بنك الشغل (للأعمال الكهربية والإلكترونية)

٢ - المنجلة :

خدم لتثبيت المشغولات لسهولة إجراء العمليات الصناعية عليها . وتتركب من فك ثابت وفك متحرك ، في التزجه والفك المتحرك يتحرك بواسطة يد متصلة بعامود مقلوظ يسمى الفتيل يتحرك داخل جشمة ابت . تصنع المنجلة من الحديد الزهر وشكل (٢-٣) يبين نوعين من أنواع المناجل



شكل (٢ ـ ٣) نوعين من المناجل

. ٣ - المثاقيب :

، لثقب المشغولات ولها عدة أنواع نذكر منها :-

١ – ١- مثقاب التزجه :

ـرك كهربي يدير عامود رأسى يحمل في نهايته ظرف لتثبيت أداة الثقب (البنط) ، ويد لرفع وخفض قاعدة من الظهر وصنية توضع عليها المشغولات ومجموعة طنابير ذات أقطار مختلفة لنقل الحركة من إلي طنبور العامود للتحكم في سرعة اداة الثقب ؛ أي بنقل السير من طنبور إلي آخر يمكن الحصول علي تناسب العمل . وعادة تزود قاعدة ماكينة الثقب بمنجلة خاصة لتثبيت المشغولات المراد ثقبها .

ن أحد أنواع مثاقيب التزجه .



شكل (٢-٤) مثقاب التزجه

– ٢- المثقاب اليدوى البسيط : " الشنيور اليدوى "

ى يدار باليد بواسطة يد إدارة ويستخدم في المشغولات البسيطة والتي لا تحتاج إلي دقة عالية ؛ ولا يمكن المواد اللينة مثل الأخشاب والفبر والالمنيوم ......الخ

بين نوعين من الشنيور اليدوى .



شكل (٢-٥) نوعين من الشنيور اليدوى

ٰ – ٣- المثقاب اليدوى ذو المحرك الكهربى : " الشنيور الكهربى "

ى متحرك يدار لكهربي وله ظرف يتراوح بين ١مم إلي ١٣مم وقد يصل في بعض الاحيان الي ٢٠مم .
ع ذات قدرات مختلفة (تتراوح من ٣٥٠ وات إلي ١٥٠٠ وات أو أكثر) . والشنيور الكهربى إما أن
حدة أو سرعتين أو عدة سرعات ، وإتجاه واحد أو إتجاهين . تغيير الأتجاة والسرعات إما أن يكون
طة تروس نقل الحركة) أو ألكترونيا .

وع العادى الذي يستخدم في أعمال ثقب المعادن والنوع الدقاق الذى يستخدم في أعمال ثقب الخراسانة
مال ثقب المعادن (عادة / دقاق) .

ن أحد أنواع الشنيور الكهربى " عادة ودقاق " .



شكل (٢-٦) الشنيور الكهربى

ٰ – ٤- أدوات الثقب : " البنط "

ب في اجهزة الثقب ليتم عمل الثقوب بها ؛ وتعرف البنطة بقطرها ودرجة صلادتها والغرض المستخدمة

ا البنطة بأنواعها هي قنواتها الملتوية والتي صممت بحيث يسهل خروج العوادم المزالة من التشغيل
خلالها ، وهذه القنوات في العادة حلزونية يمينية وبحد قاطع في مقدمتها . تبلغ زاوية الحد القاطع في
١١٨ ° للجانبين وزاوية خلوص المقدمة ١٢ °.

ن البنط كلما احتاج الأمر لذلك لإحياء حد القطع مع المحافظة على حدى القطع والطول بالنسبة لهما
تكون كمية القطع ثابتة بالنسبة للحدين من المعدن المشغل ويستخدم ضبعة لضبط حدى القطع لأتمام
جه السليم . وشكل (٢-٧) يبين أنواع مختلفة من البنط .




شكل (٢-٧) يبين أنواع مختلفة من البنط

ٍ – ٥- عملية الثقب :

بتفريغ فتحات اسطوانية باستخدام المثقاب والبنط ، ولابد من أن تثبت الشغلة أثناء ثقبها بواسطة منجلة

مراعاة الآتي أثناء عملية الثقب :

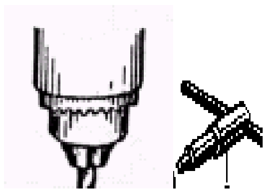
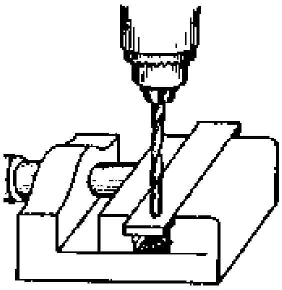
ن الثقب بالزنبة ليكون دليلا للبنطة .

ت البنطة في ظرف المثقاب جيداً بواسطة مفتاح الظرف شكل (٢ ـ ٨ أ)

لة جيداً على منجلة المثقاب شكل (٢ ـ ٨ ب)

ة أثناء اجراء عملية الثقب بسائل تبريد مناسب.

زاوية سن البنطة من آن لآخر.

) تثبيت البنطة في المثقاب بواسطة مفتاح الظرف شكل (٢ ـ ٨ ب) تثبيت الشغلة علي منجلة مثقاب

ماكينة حجر الجلخ :

جلخ في سن العدد مثل الأجنة والبنط وقلم الأجنة ، ويتركب من محرك كهربى يركب علي محوره من ىلخ أحدهما خشن والآخر ناعم ، وتزود ماكينة حجر الجلخ بحواجز زجاجية شفافة لحماية العامل من لتهب . شكل (٢-٩) يبين أحد أنواع ماكينة حجر الجلخ .



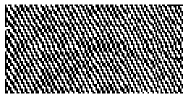
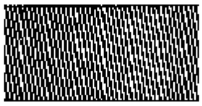
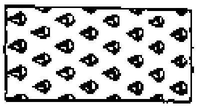
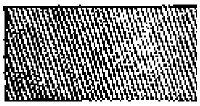
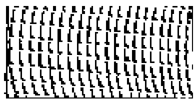
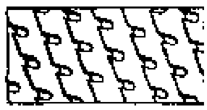
. شكل (٢-٩) ماكينة حجر الجلخ

العدد اليدوية المستخدمة في ورش التخصصات الكهربية :

- عدد البرادة :

هي عدد يدوية الغرض منها تقليل سمك المشغولات وتسويتها ويستعاض عنها بالماكينات الحديثة ساسية هى تقليل أبعاد الشغلة حسب الحاجة بنزع جزء من معدن الشغلة علي شكل رايش او برادة وتعتمد القوة العضلية للإنسان وتصنع المبارد من الصلب الكرومى الصلد المقسى ويحز بة أسنان والتى تكون غيرة وتصنف المبارد تبعا (للشكل الخارجي للمبرد ـ شكل الأسنان) الجدول (٢ – ١) يبين استخدام الحدود القاطعة (الأسنان)

الجدول رقم (٢ – ١) يوضح استخدام المبارد تبعا لشكل الحدود القاطعة (الأسنان)

	التصنيف	**شكل حدود القطع (الأسنان)**	**الاستخدام**
	سنان مفردة القطع مستقيمة		للمعادن الطرية مثل القصدير والرصاص
	سنان مفردة القطع مائلة		النحاس ـ الزنك
	نان محببة (أسنان ر) خشابي		الخشب ـ الجلد ـ والمواد اللدنة
	نان مزدوجة القطع مائلة		الصلب والمواد المسبوكة
	أسنان قطع مقوسة ات خدوش		الألمنيوم الصلد ـ والورق الصلد ـ المواد المضغوطة
	سنان مقوسة مائلة		المعادن الخفيفة ـ البلاستيك ـ اللدائن

٠ - أنواع المبارد :

د من حيث الشكل والاستخدام الي :

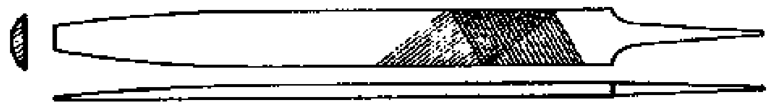
ط :

د المبطط في تسوية الأسطح المستوية وهو ذو مقطع مستطيل .



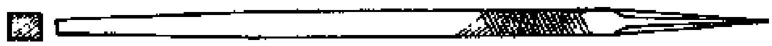
ب دائرة :

برد المنحنيات وعمل الأقواس .



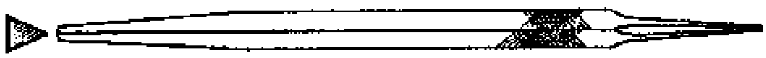
ع :

ع الشكل ومسلوبا من الأمام ويستخدم في برد الفتحات المربعة أو المستطيلة .



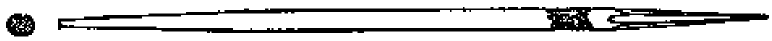
ث :

وهو يستخدم ليبرد الأسطح التي تصنع مع بعضها زوايا غير قائمة وفي برد المشقبيات المثلثة الشكل .



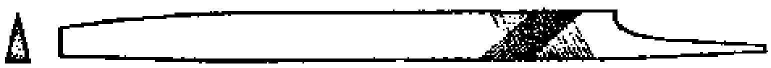
ف : " زيل الفار "

، ويستخدم في تشكيل الفتحات الدائرية وتوسيع الثقوب .



نة :

عمل المشقبيات والفتحات الضيقة .

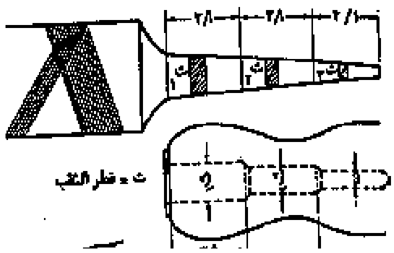


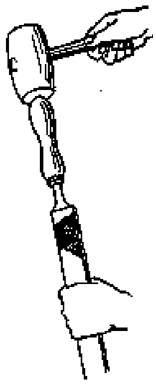
بمقاسات مختلفة تبدأمن ٤ ً وحتى ١٤ ً ومنه الناعم والنصف خشن والخشن ، كما توجد انواع تسمى
، وهي مبارد صغيرة الحجم شكل (٢- ١٠).



شكل (٢- ١٠) بعض أنواع من المبارد (طاقم مبرد ساعاتي)

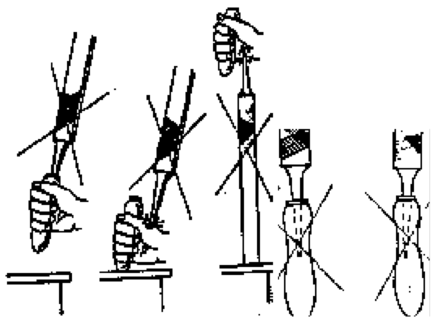
د بصورة آمنة يجب تركيب يد من الخشب الأملس أو البلاستيك (وهو مايعرف بالنصاب) بالطرف
د (السيلان) مع الحرص فى طريقة تركيبة شكل (٢- ١١ أ ، ب)

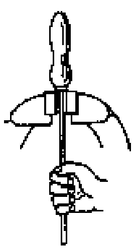




) مقبض المبرد(النصاب) يثقب بشكل متدرج

تركب مقبض المبرد(النصاب)



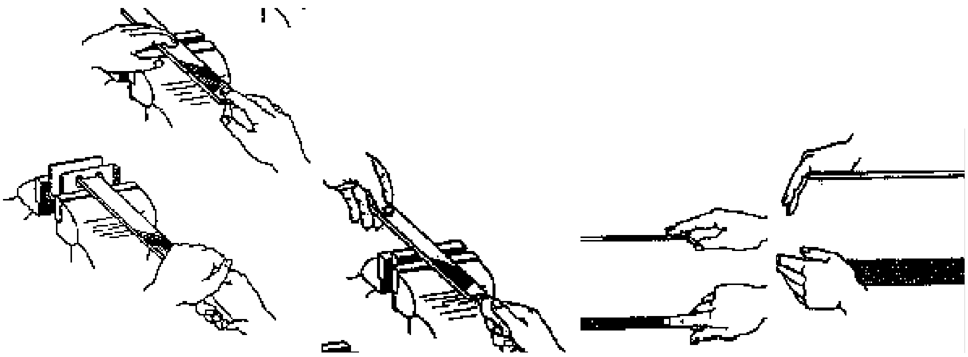


شكل (٢- ١١ ب)

خطأ في تركيب النصاب يؤدي للحوادث

طريقة خلع النصاب بالطريقةالصحيحة

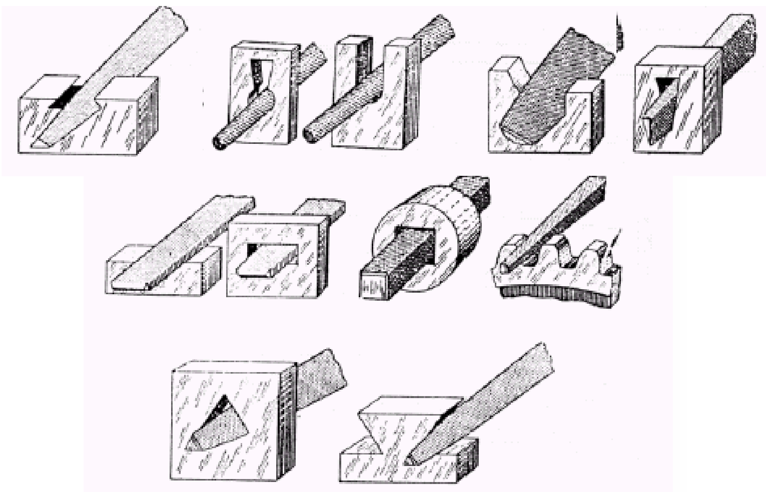
د لابد أن يمسك بطريقة صحيحة وهي أن يمسك المقبض باليد اليمني بحيث تكون نهاية المقبض في راحة ام علي النصاب من أعلي ويسند طرف المبرد باليد اليسري وفي بعض الحالات يمكن مسك المبرد بكلتا المبرد صغير الحجم يمكن مسك المبرد بيد واحدة كما بالشكل (٢ – ١١ج) .



كل (٢- ١١ ج) يبين كيفية مسك المبرد واستخدامة فى عملية البرد بالطريقة الصحيحة.

- <u>الطريقة الصحيحة في استخدام المبارد</u>

مبرد ذو النوع والحجم المناسب للشغلة و قم بتركيب مقبض المبرد (النصاب) شكل (٢- ١٢).

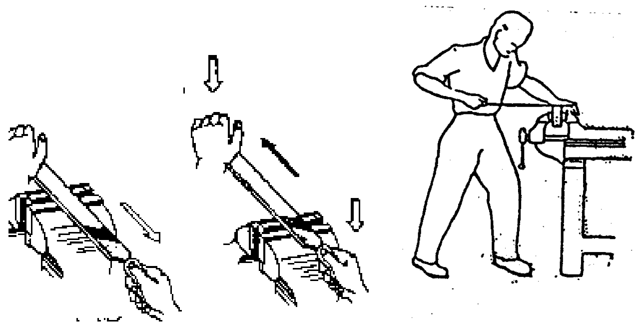


شكل (٢ – ١٢) يوضح الإستخدامات المختلفة للمبارد حسب الشكل الخاجي لكل مبرد

الصحيح أمام المنجلة في الوضع الذى يمكن اجراء عملية البرد بسهولة ودون مجهود اضافي وذلك القدم اليسري في الأمام بزاوية ٣٠° مع محور المنجلة والقدم اليمني في الخلف بزاوية ٤٥° مع القدم شكل (٢ – ١٣ أ) .

دأ دائماً من أن الشغلة المراد برد أجزاء منها مثبتة جيدا علي المنجلة .

مقبض المبرد بالطيقة الصحيحة باليد اليمني ويتم الضغط باليد اليسري علي مقدمة المبرد ضغطا متزايدا ركة دفع المبرد إلي الأمام ثم يخفف الضغط أثناء حركة السحب إلي الخلف ويجب أن تستمر عملية في اتجاه واحد حتي تظهر أثار عملية البرادة علي السطح كلة ثم يتم تغير الإتجاة حتي يتم الوصول إلي المطلوب ويتم تغير حجم المبرد ونوع الأسنان وطريقة مسكة حسب متطلبات العمل بالشغله شكل ١٣ ب) .



شكل (٢ - ١٣ أ)

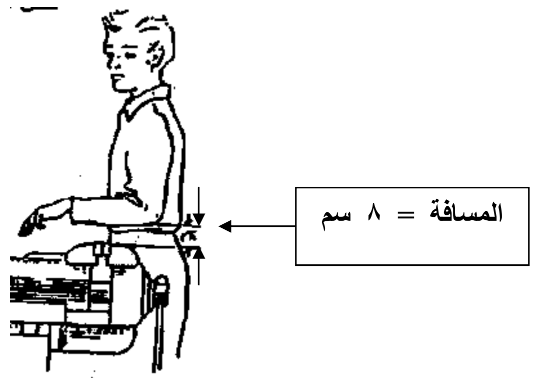
شكل (٢ - ١٣ ب)

شكل (٢ - ١٣ أ،ب) يبين الوضع الصحيح للوقوف أمام المنجلة وطريقة البرد الصحيحة

دم المبرد مطلقاً كمفك أو كآداة رفع أو طرق .

المعادن اللينة نظف أسنان المبرد باستمرار حتى لاتمتلئ الفراغات بين أسنان المبرد بذرات المعدن.

، علي الوضع الصحيح أثناء عملية البرد وأن تكون المنجلة في الارتفاع المناسب للطالب حتى لاتعوقة مل شكل (٢ - ١٤)



شكل (٢ - ١٤) يبين المسافة بين المرفق وسطح المنجلة

المبارد وصيانتها (تنظف أسنان المبرد بعد الاستعمال بواسطة فرشة خاصة من السلك ـ يلف المبرد
جاف للوقاية من الصدأ ولحماية المبارد من التعرض للكسر تجنب سقوطها علي الأرض أو الطرق

عدد القياس والضبط والشنكرة :

ـديد كمية فيزيقية مثل الطول أو الزمن أو الكتلة أو درجة الحرارة أو شدة التيار الكهربى أو الزاوية
ـهاز قياس ، ويمكن تعريف القياس بأنه عملية مقارنة القيمة المطلوب قياسها بوحدة متفق عليها مثل
ـره)

ـات القياس للمهن الهندسية :

ـخدامها مما يؤدى إلى جودة ودقة الإنتاج .
ـقت اللازم لإجراء عملية القياس .
ـض التعديلات لتطويرها نتيجة معرفة نظرية عملها .
ـس دقيقة لعملية الإنتاج فى مختلف الصناعات تجنباً لما يحدث من أخطاء فى إنتاج المشغولات .

ـس :

ـ١ - القدم الصلب (مسطرة القياس) :

ـ الصلب الذى لا يصدأ يبلغ طوله ٣٠٠ مم أو ١٠٠٠ مم . وهى مقسمة إلي ملليمترات وسنتيمترات .
ـس دقيقاً يجب النظر الي المسطرة في الاتجاه العمودى عليها . شكل (٢-١٥) يوضح أحد المساطر



. شكل (٢- ١٥) يوضح أحد المساطر الصلب

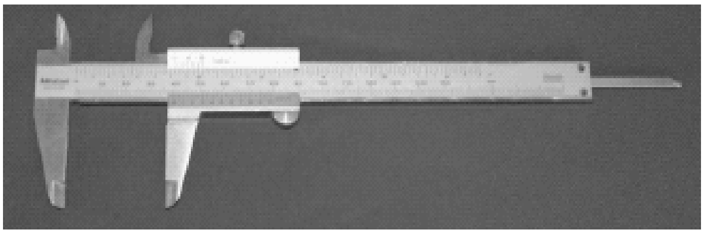
ـ٢ - القدمه ذات الورنية " البو كليز " :

ـذات الورنية عن القدم الصلب فى عملية القياس بأنه يمكن عن طريقها الحصول على دقة تصل الى
ـ ١/ ٥٠ من المليمتر ، وهذه الدقة لا يمكن الحصول عليها من القدم الصلب إذ أن دقة القدم الصلب لا
ـلليمتر . ومن أنواع القدمه :

ـ٢ - ١ - القدمه ذات الورنية لقياس الأبعاد الداخلية والخارجية والأعماق :

ـنية عبارة عن جهاز قياس دقيق مكون من ساق من الصلب الذي لايصدأ ينتهي بفك ثابت مقسم إلي
ـزائها من جهة وإلي بوصات وأجزائها من الجهة الأخرى يتحرك علي سطح هذا الساق الفك المتحرك ذو

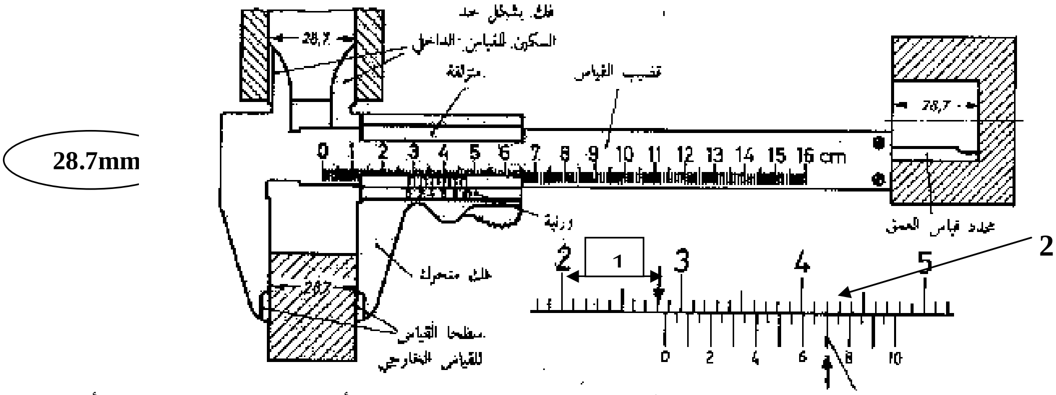
ـة مسطرة متحركة عليها تدريج . الورنية عبارة عن ٩مم مقسم إلي ١٠ أجزاء تبدأ بقراءة من الصفر
(١٠) أي أن الفرق بين كل جزء من أجزاء مسطرة الفك الثابت والورنية يساوى ١/١٠ ولذلك هذه
٠.١ مم وتستخدم لقياس الأبعاد الداخلية والخارجية والأعماق كما توجد أنواع تستخدم ورنية بدقة تصل
٠.٠ أو ٠.٠٠١ مم) شكل (٢ – ١٦أ ، ب) يوضح أحد أنواعها ومثال لقراءة البعد عليها .



شكل (٢- ١٦أ)

١ - ٢ - لقراءة طول ما على القدمه السابقة تتبع الخطوات الآتية :

دد الصحيح من أقسام المسطرة الموجودة شمال صفر الورنية (وكذا المليمترات الكاملة) .
خط تدريج المسطرة وخط تدريج الورنية المنطبقين وفي حالة عدم الأنطباق ننظر إلى أقرب خط من
الورنية ينطبق على أحد خطوط المسطرة
ة البعد بالشكل (٢- ١٦ ب) يقرأ عددالمليمترات الكاملة الموجودة علي التدريج الرئيسي علي يسار
ورنية المسافة (1) = 28mm أعشار المليمترات فهي عند تطابق أحد خطوط أقسام الورنية مع خط
لتدريج الرئيسي المسافة (2) وهو في هذا المثال = ٧ أقسام آي = 0.7mm
= المسافة (1) + المسافة (2) = 28+0.7= 28.7mm (٢-١٧) يوضح هذا المثال .



ب) يوضح القدمه ذات الورنية و طريقة استعمال القدمه في قياس الأبعاد الداخلية والخارجية الأعماق.

- ٢ - ٣ - دقة القدمه وضبطها :-

النقاط الآتية للمحافظة على دقة القدمه والقياس السليم :-

ضع القدمه في جرابها بعد القياس مباشرة لحمايتها من الصدأ .

ايرة واختبار القدمه خلال فترات معينة لضبطها أو استبعاد التالف منها .

يدا عن مصادر الحرارة حتى لاتتأ ثر درجة دقتها .

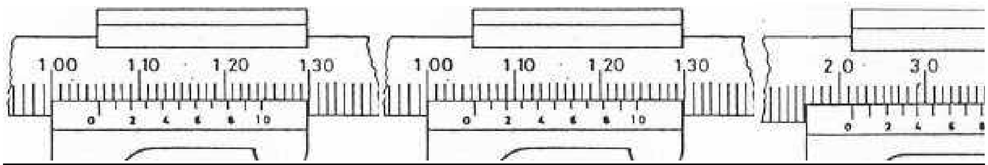
دم القدمه في القياس أثناء حركة أو دوران المشغولة .

م تعرض القدمه للصدمات .

ى بدء عملية القياس التأكد من انطباق صفر الورنية على صفر المسطرة وذلك في حالة انطباق الفكين .

ي القراءات التالية :

١   ٢   ٣



- ٣ - الميكرومتر :

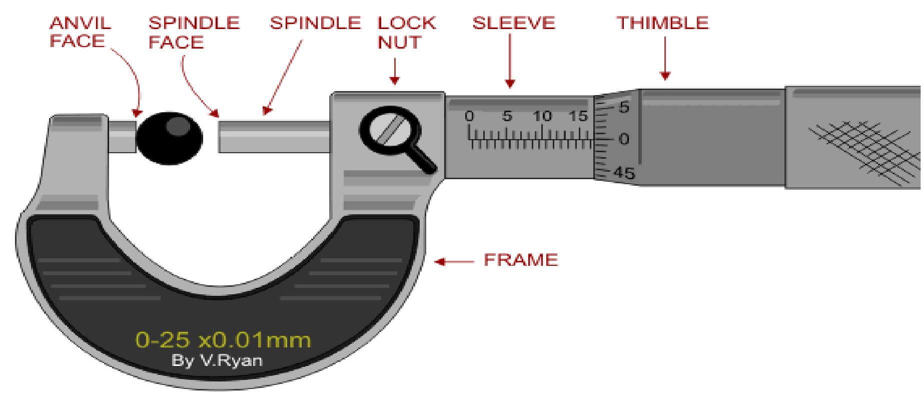
متر من أدوات القياس آلتي تسبق القدمه في درجة القياس (درجة دقة أعلى) وسهولة ووضوح القراءة ظة أن استعمال أجهزة القياس الدقيقة يتطلب عناية فائقة ، كما أن تقدير القياس يعتمد بدرجة كبيرة على شخص الذي يقوم بالقياس .

ومتر في قياس أقطار الأسلاك وأقطار الأسطوانات الملفوفة وسمك الألواح . شكل (٢-١٧) يبين أحد رات .



شكل (٢-١٧) أحد أنواع الميكرومترات

٣ – ١ - تركيب الميكرومتر :



شكل (٢ – ١٨) يوضح أجزاء الميكرو ميتر

متر كما بالشكل (٢ – ١٨) من :

Fra

من الصلب المقسى على شكل نصف دائرة أو شكل حرف U ، أحد طرفيه يحمل قاعدة ارتكاز (١) ر يحمل رأس الميكرومتر ويمر منه العمود (٢) ، ويكتب على أحد أوجه الهيكل المدى الذي يقرأ فيه من صفر الى ٢٥ مم مثلاً) آي أدنى وأقصى بعد يمكن أن يقيسه الميكرومتر .

Anvil Face: (الفك الثابت)

ا من الكربيد السيمنتى الملصق على طرفها لتقليل التأكل حيث سيرتكز على سطحها الجسم المطلوب صورا بينها وبين نهاية العمود حيث المسافة بينهما هى البعد المقاس .

Spindle:

ل الهيكل من أحد نهايتيه في وضع مقابل لقاعدة الارتكاز وله نفس الصلابة والنعومة أما النهاية الأخرى الجزء الثابت من رأس الميكرومتر عن طريق قلاووظ مصنوع بدرجة عالية من الدقة ومجلخ وناعم ، رومتر إلى درجة كبيرة على دقة هذا القلاووظ .

درجة : Sleeve

سيم يختلف باختلاف هي جزء ثابت من رأس الميكرومتر ومثبتة مع الهيكل وبها ثقب مقلوظ بطولها افق قلاووظ العامود الذي يمر داخل الاسطوانة ، على سطح الاسطوانة الخارجي يوجد الخط الأساسي

الشطف المدرج (جلبة القياس) : Thimble هى الجزء المتحرك من رأس الميكرومتر وتغطى
ة المدرجة ومتصل بها العامود إتصالاً ثابتاً من الداخل بحيث إذا تحركت الجلبة تحرك العامود معها بنفس
الجلبة مخروطى الشكل ومقسم تبعاً لدرجة دقة الميكرومتر.

٣ – ٢ - طريقة الأستعمال الصحيح للميكرومتر :

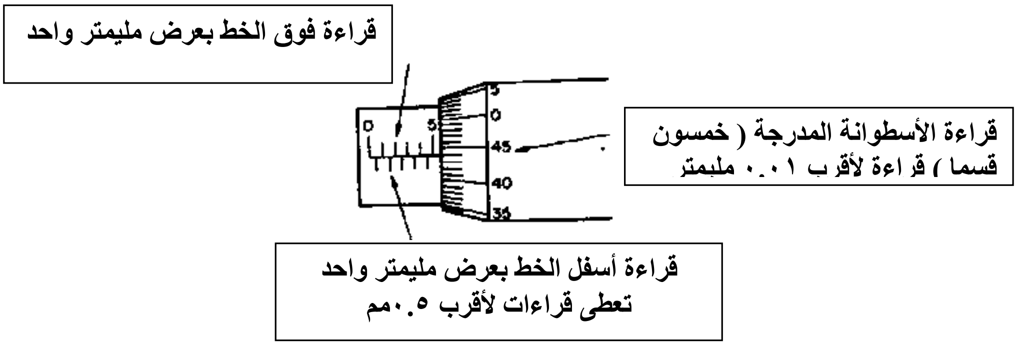
روميتر على مسافة أكبر من البعد المراد قياسه .
لة المراد قياسها بين فكى الميكرومتر بحيث ترتكز علي الفك الثابت ثم تدار الجلبة حتى يحدث التلامس
ضغط زائد (عندما تقترب الساق من سطح الجسم أجعل الحركة بطيئة بحرص شديد أو أدر الأسطوانة
اطة إن وجدت) .
ة عن طريق سقاطة التوقيف Lock Nut ثم سجل القراءة .

٣ – ٣ - الخطوات الواجب إتباعها لقراءة الميكرومتر :

لميكرومتر أولا للتأكد من أن صفر شطف الجلبة المقسم ينطبق تماماً على صفر الأسطوانة .
ناس تعد المليمترات الصحيحة الظاهرة على سطح الأسطوانة بأعلى الخط الأساسى حتى شطف الجلبة
ي خانة المليمترات .
ف الجلبة المقسم قد تعدى التقسيم الدال على أنصاف المليمترات تحت الخط الأساسى والواقع بعد تقسيم
ح فنسجل قراءة ٠,٠٥مم .
الموجودة على شطف الجلبة وكل منها ٠,٠١ مم (فى حالة الميكرومترات التى تقرأ ٠,٠١ وتضاف
ة على الأسطوانة) .

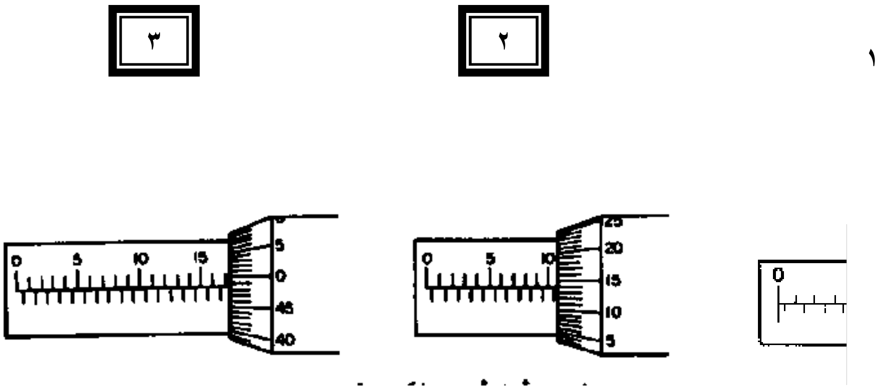
٣ – ٤ - مثال لقراءة الميكرومتر :

) يوضح مثال لقراءة ميكرومتر يقرأ بدقة ٠,٠١ مم وخطوته نصف مم .
ج الثابت فوق الخط = ٥ مم .
ج الثابت أسفل الخط = ٠.٠٠مم
وانة المدرجة = ٤٤ قسم = ٠.٤٤مم
تر = ٥.٤٤ مم



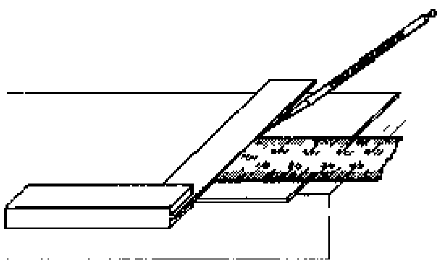
شكل (٢- ١٩) طريقة قراءة القياس بالميكرومتر

ى القراءات التالية :



٤ – الزاوية القائمة :

ناحين من الصلب المتوسط الصلادة مختلفين فى الطول والسمك ومقطعهما مستطيل وأوجهها وجوانبها
مقساة وتستخدم في ضبط الأسطح المتعامدة ورأس الخطوط المتعامدة ومنها المدرج وغير المدرج .
أ ، ب) يبين أحد أنواع الزاوية القائمة واستخدامها في القياس والشنكار .





أحد أنواع الزاوية القائمة شكل (٢-٢٠ ب) استخدام الزاوية فى القياس و الشنكار

٥ – البراجل :

ل لنقل الأبعاد ورسم الدوائر وقياس الأقطار الخارجية والداخلية و السمك ، كما تستخدم في عمليات . منها أنواع كثيرة نذكر منها الأتى :

٥ – ١ - البرجل العدل :

رسم الدوائر والأقواس وهو عبارة عن جناحين مدببى الطرف ونهاتيهما الأخرى مثبتة ببعضهما بمسمار راج والاقتراب عن بعضهما .

٥ – ٢ - البرجل ذو الشوكة :

المستقيمات المتوازية للحفات المستقيمة وعند استخدامة وعند استخدامه يحرك البرجل بحيث تكون ساقة نثنى في ملامسة مع السطح بينما الساق الأخرى ذات السن المدبب ترسم الخط أو القوس المطلوب

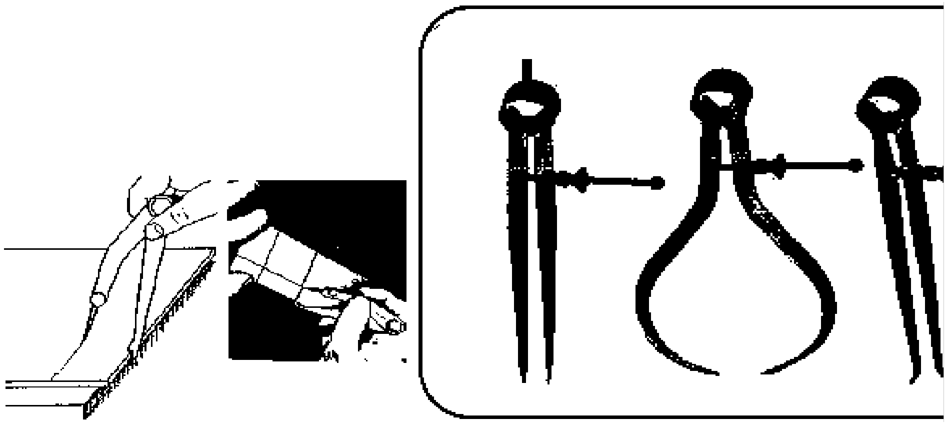
٥ –٣ - البرجل المقص :

عن جناحين تثنى نهايتهما إلى الخارج ويستعمل فى قياس الأقطار الداخلية .

٥ – ٤ - البرجل الكروى :

ياس أقطار الأعمدة والأبعاد الخارجية ويتكون من جناحين من الصلب .

، تبين بعض أنواع من البراجل .

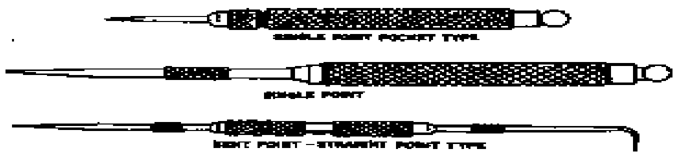


رجل المقص البرجل الكروى البرجل العدل البرجل ذو الشوكة

شكل (٢- ٢١) تبين بعض أنواع من البراجل .

ـ٦- شوكة العلام :

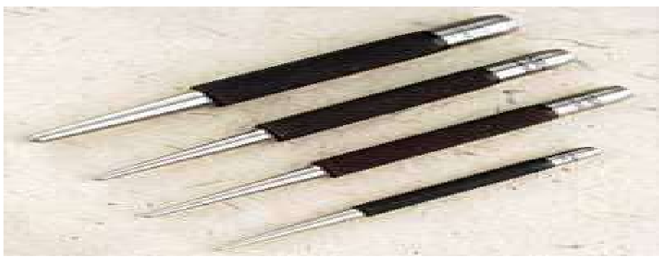
ن الصلب نهايتاة مدببتان ومقستان لدرجة عالية من الصلادة وتستخدم في رسم خطوط على القطع المراد
حد نهايتى الشوكة منحنية عادة على هيئة زاوية قائمة لتسهيل بعض عمليات الشنكرة
، يبين شوكة علام .



. شكل (٢-٢٢) ثلاثة أنواع من شوكة العلام

٧ - زنبة العلام :

ب على شكل مضلع منتظم أو مستديره ليسهل مسكها جيداً وطرفها المدبب على شكل مخروطى مقسى
وتستخدم لتحديد الخطوط بعدد من النقط وتعتبر هذه العملية تأكيد لخطوط الشنكرة وحفظها من التلاشى
هاما لا ينفصل عن الشنكرة ذاتها .
بدقة على خط الشنكرة أو ملامس له من الخارج ويطرق رأسها طرقاً خفيفاً برأس الجاكوش.
) يبين مجموعة من زنبة العلام المختلفة .



شكل (٢ – ٢٣) مجموعة من زنبة العلام المختلفة

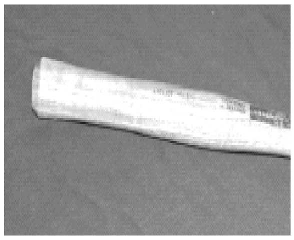
عدد وأجهزة الطرق والقطع والنشر والثقب والقلوظة :

١ - عدد الطرق:

رق والأستعدال من العمليات المساعدة في أعمال البرادة اليدوية ، وهى عملية استعدال لأسطح المعادن بعد عملية البرد أو التأجين ، و عدد الطرق والاستعدال مختلفة الأنواع والأوزان و المقاسات لتناسب منها :

٢ - جاكوش البراد (ببيضة) ويصنع من الصلب ينتهي أحد طرفية بنصف كرة ناعمة السطح والجهه ة الشكل ومسطحة القاعدة وله يد من خشب الشوم و يستخدم في عمليات الطرق والإستعدال والبرشمة ١ أ)

٣ - المطرقة الثقيلة (المرزبة) وتستخدم مع الأجنات في القطع وعمل مجاري مواسير العزل الكهربية كل (٢ - ٢٤ ب)



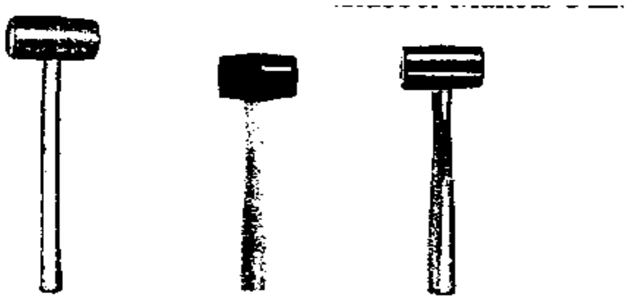
٢ أ) جاكوش ببيضة



شكل (٢ – ٢٤ب) مطرقة (مرزبة)

- ٤ - الدقماق

قماق في عمليات ثني واستعدال الصاج ويصنع من الخشب أو الكاوتشوك شكل (٢ – ٢٥) الذيستخدم لف المحركات .



شكل (٢ – ٢٥) أنواع مختلفة من الدقماق الخشب والكاوتشوك

٥ - عدد القطع :

٥ - ١ - المقصات :

دمة في ورش الكهرباء هى :

٥ - ٢- مقص القماش :

عمال الكهربية لقص ورق البرسبان وشريط القطن العازل.

ا يبين نوع من مقصات القماش .



شكل (٢- ٢٦) مقص القماش

٥ - ٣ - مقص الصاج (المقص السمكري) :

الألواح وشرائح الصفيح والفبر والصاج رقيق السمك شكل (٢- ٢٧) يبين نوع من مقصات الصاج .



شكل (٢- ٢٧) مقص الصاج .

٥ - ٤ - آلة القص اليدوي :

ط صورة من سلاحين أحدهما ثابت مثبت علي قاعدة الآلة ولآخر متحرك مثبت في رافعة تتحرك يدويا سفل ، وتستخدم لقص ألواح الصاج الذي لا يزيد سمكة عن ٢ مم ، وألواح الفبر . شكل (٢- ٢٨)



شكل (٢- ٢٨) آلة القص اليدوى

٥ - ٥ - آلة القص بالقدم :

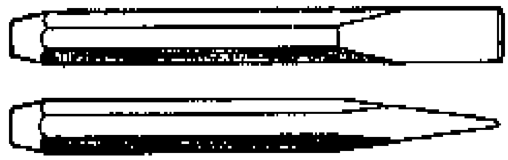
يستخدم لقص ألواح الصاج حتى سمك ٢ مم وشكل (٢- ٢٩) يبين أحد هذه المقصات كما توجد أنواع عمل بالقدم ومنها ما يعمل بمحرك كهربي ومنها النوع الهيدروليكى . كل هذه الأنواع تختلف في القدرة



شكل (٢- ٢٩) آلة القص بالقدم

٥ - ٦ - الأجنة وقلم الأجنة :

ة إزالة جزء كبير من المعدن بواسطة الأجنة أو قلم الأجنة والجاكوش وهما يعتبرا من الأدوات الحادة
ة التأجين تعتبر عملية تشغيل أولى لابد أن يعقبها عملية تشطيب بالمبرد ، وتصنع الأجنة وقلم الأجنة من
لحد القاطع فقط ويتراوح طولها بين ١٦سم ، ٢٥ سم .
، يوضح الأجنة وقلم الأجنة ، شكل (٢- ٣١) يبين الوقفة الصحيحة أثناء عملية التأجين .



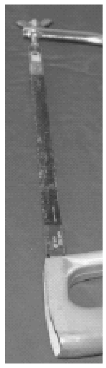
شكل (٢- ٣٠) يوضح الأجنة وقلم الأجنة



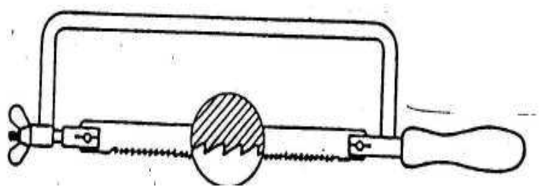
شكل (٢ - ٣١) يوضح الإحتياطات الواجب توافرها قبل وأثناء عملية التأجين

- ٥ - ٧ - المنشار :-

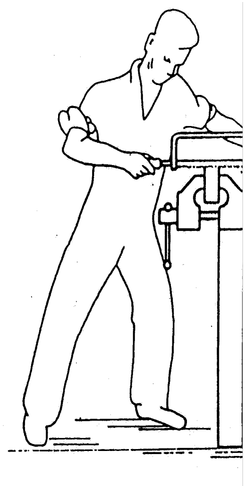
من إطار خارجي يصنع من الحديد المطاوع ذو مقبض ومن سلاح القطع الذي يصنع من الصلب
ل (٢- ٣٢ أ، ب) يبين صورة للمنشار اليدوي و اتجاه أسنان القطع في سلاح المنشار .
ي عملية هامة تتطلبها أعمال البرادة اليدوية وفيها يتم فصل أجزاء معدنية عن بعضها وذلك باستخدام
شكل (٢-٣٢ ج) يبين الطريقة الصحيحة لأجراء عملية النشر ..



صورة لمنشار يدوى



شكل (٢-٣٢ب) اتجاه أسنان القطع في سلاح المنشار





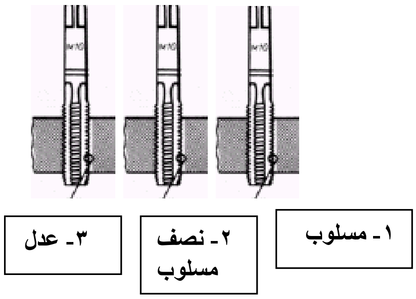
شكل (٢-٣٢ ج) يبين الطريقة الصحيحة لأجراء عملية النشر

٥ - ٨ - أدوات القلوظة :

ية قطع حلزوني على السطوح الداخلية للثقوب ويستحدم في هذه العملية ذكر قلاووظ وحامله البوجى أو ـني على السطوح الخارجية للمسامير القضبان الملفوفة ويستخدم في هذه العملية لقمة القلاووظ والحامل ة القلاووظ) .

٥ - ٩ - ذكر القلاووظ :

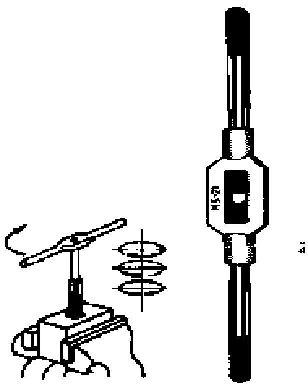
ب المسبوك المقسى في الهواء وبواسطته تحول الثقوب العادية إلى ثقوب مقلوظة حسب المقاس المطلوب ثمل ٣ قطع (طاقم) ؛ مسلوب ونصف مسلوب وعدل ويتم استخدام طاقم القلاووظ بنفس الترتيب) .



شكل (٢- ٣٣) طاقم ذكر قلاووظ ذكر القلاووظ

٥ - ١٠ - البوجى :

ـلاووظ وذلك لتسهيل عملية تحريك الذكر داخل الثقب المراد قلوظته شكل (٢- ٣٤) يبين بوجى مركب .



شكل (٢- ٣٤) البوجى وطريقة استخدام مع ذكر القلاووظ

٥ - ١١ - كفة القلاووظ :

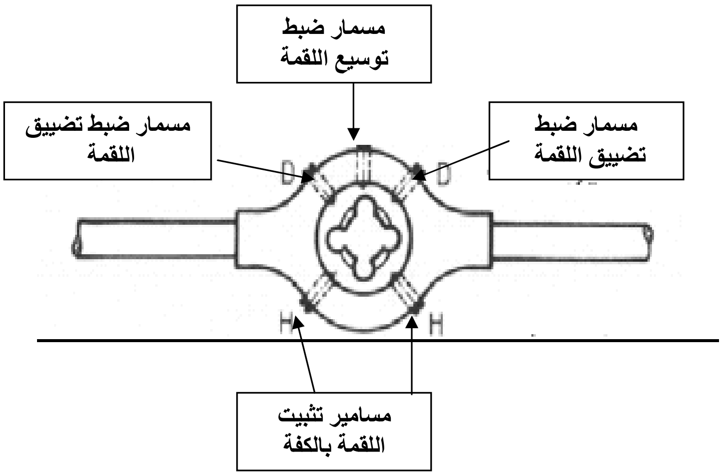
المسامير والأسياخ وتتركب من جزئين :

ـ كتلة اسطوانية من الصلب ومثقوبة ومقلوظة من الداخل ، ويوجد بها أربعة ثقوب اسطوانية ملساء بحيث يكون كل اثنين منهما متقابلين ونافذة في الثقب المقلوظ لتكوين حواف قاطعة ولتستقبل الرايش ـدن المراد قلوظته . شكل (٢- ٣٥) يبين لقمة قلاووظ .



شكل (٢- ٣٥) لقمة قلاووظ

اللقمة وتربط بمسامير زنق عند الاستخدام . شكل (٢- ٣٦) يبين كفة قلاووظ ومسامير ضبط وتثبيت



شكل (٢- ٣٦) كفة قلاووظ .

٥ - ١٢ - الشروط التي يجب مراعتها عند اجراء عملية القلوظة :

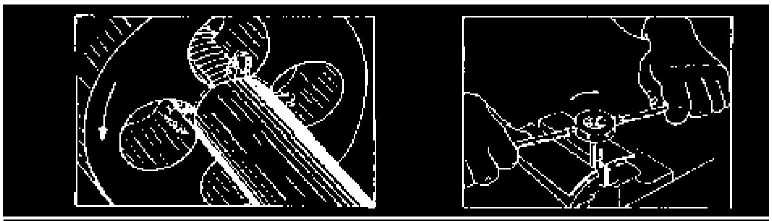
ـشغلة جيداً بين فكى المنجلة .

قليل من زيت التزييت علي سطح الثقب وأداة القلاووظ لتقليل الأحتكاك وتشكيل أسنان نظيفة .

ـفة أو البوجى لفة جهة اليمين للتشكيل في المعدن ونصف لفة جهة اليسار للتخلص من الرايش .

ـعملية السابقة باستخدام الذكر المسلوب ثم النصف مسلوب ثم العدل ثم العدل عند قلوظة الثقوب .

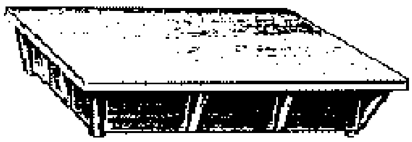
-٣٧) يبين طريقة القلوظة الداخلية والخارجية .



شكل (٢- ٣٧) طريقة القلوظة .

- ٥ - ١٢ - زهرة الاستعدال

زهر سطحها العلوي مكشوط ومستوى تماما ومزود أسفلها أسفلها بأعصاب تقوية تمنع تغيير شكلها ، ستعدال المشغولات بواسطة الجاكوش أو الدقماق الخشب ، كما يوجد نوع آخر يستخدم في عمليات ل (٢- ٣٨) يبين زهرة استعدال



شكل (٢- ٣٨) يبين زهرة استعدال

دد فك وربط المسامير والصواميل :

المفكات :

في فك وربط المسامير وتصنع من الصلب ولها يد قد تكون من الخشب أو البلاستك أو البكاليت ويوجد اع مختلفة في الطول والنوع ، بالنسبة الي طولها منها ٤ ً ، ٦ ً ، ٨ ً ، ١٠ ً، ١٢ ً أما بالنسبة لنوعها ، العادى والمفك الصليبة ومفك * وشكل (٢-٣٩) يبين بعض هذه المفكات .



شكل (٢- ٣٩) بعض أنواع المفكات

مفاتيح الربط اليدوية :

- ١ - المفاتيح البلدى :

مفتاح العادى أو المبطط ويصنع من الصلب المقسى وله مقاسات مختلفة يلائم كل منا مقاس أو اثنين صامولة ،هي تكون علي شكل أطقم ويستعمل المفتاح البلدي في فك وربط المسامير المسدسة والمربعة ناح إلا للمقاس المناسب له . شكل (٢-٤٠) يبين بعض مقاسات المتاح البلدي



شكل (٢-٤٠) بعض مقاسات المتاح البلدي

- ٢ - المفتاح الذي يمكن ضبطه (المفتاح الفرنساوى) :

ن أحدهما ثابت والآخر متحرك بواسطة صامولة مقلوظة وذلك للحصول على فتحة تلائم رأس المسمار راد فكها أو ربطها .

، ب) يبين المفتاح الفرنساوى والإنجليزي .



شكل (٢-٤١ أ) المفتاح الفرن ساوى .



شكل (٢- ٤١ ب) المفتاح الأنجليزى

- ٣ - المفتاح المشرشر أو المغلق :

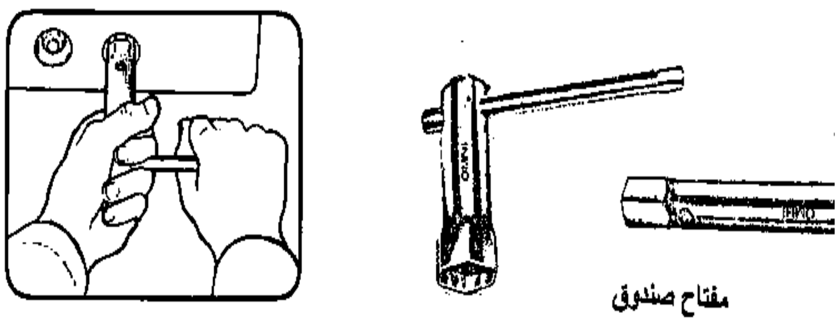
ربط الصواميل التى توجد على مسافات ليست بعيدة عن الأعماق ويصنع من أجود أنواع الصلب ؛ ر أقل عرضة للانزلاق من المفتاح العادة ، ويوجد بعض الأنواع تجمع بين المفتاح العادة والمشرشر يبين بعض هذه الأنواع .



شكل (٢-٤٢) طقم من المفاتيح التي تجمع بين النوع العادة والمشرشر

- ٤ - مفتاح الصندوق :

أطقم كاملة كل طاقم يتكون من مجموعة مفاتيح متقاربة المقاسات ولكل منها فتحة من أعلى تدخل منها
ستخدم مفتاح الصندوق في ربط وفك الصواميل والمسامير الموجودة فأماكن غاطسة لايمكن للمفتاح
اليها شكل (٢ – ٤٣ أ ، ب) يوضح المفتاح وطريقة استخدامه .



شكل (٢ – ٤٣ أ ، ب) يوضح المفتاح وطريقة استخدامه

العدد الكهربية :

١ - الزراديات :

لب وتتركب من فكين ،و يختلف شكل الفك باختلاف نوع وشكل الزرادية ويوجد منها المعزول وهى ذات أنواع كثيرة ومتعددة ، ويستخدم المعزول منها فى صناعة الكهرباء وذلك في ثنى أو قطع أو هى ذات أشكال ومقاسات مختلفة منها :

١ – ١ - الزرادية المبططة :

تعمال في معظم الأعمال الكهربية ويكون فكيها مبطط المقطع ومقاساتها ٦ ، ٨ بوصة في الغالب ومنها تيك وغير المعزول . النوع المستخدم في الأعمال الكهربية يجب أن يكون معزولا عزلا جيدا ومناسب ية المختلفة.

١ – ٢ - زرادية ببوز تمساح :

ن ومسلوبان للأمام وتستعمل للتعامل مع الأسلاك عندما تكون في مكان غير ظاهر .

١ – ٣ - القصافة الجانبية :

وتقشير الأسلاك ، ويوجد منها المعزول وغير المعزول .

) يبين مجموعة تشمل زرادية مبططة وبوز تمساح وقصافة .

١ – ٤ - الزرادية ذات الفك الملفوف :

مل نهايات الأسلاك ، وثنى الأسلاك على شكل دوائر حتى يسهل ربطها في نقط التوصيل الخاصة ز وغيرها ؛ حيث يساعد فكيها الملفوفين من الأمام في عمل ذلك وتوجد منها مقاسات متعددة .

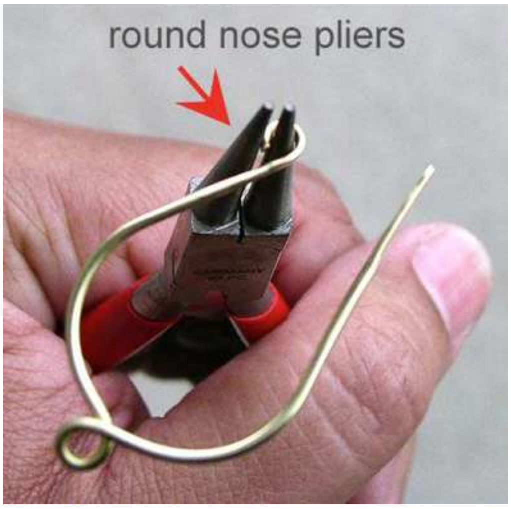
) يبين زرادية ذات الفك الملفوف ؛ وشكل (٢-٤٤ ج)يبين طريقة استخدام الزرادية ذات الفك الملفوف



شكل (٢- ٤٤ أ) مجموعة تشمل زرادية مبططة وبوز تمساح وقصافة .



شكل (٢-٤٤ب) زرادية ذات الفك الملفوف



ل (٢-٤٤ج) طريقة استخدام الزرادية ذات الفك الملفوف في عمل عروة في طرف سلك .

<u>١ – ٥ - قشارة الأسلاك :</u>

شير الأسلاك ويوجد منها أنواع كثيرة ، ويوجد بها أداة لضبط فتحة الفكين حسب قطر السلك المراد

(٢-٤٣هـ) يبين أحد أنواع القشارة .

ـ) يبين نوعا آخر للقشارة



شكل (٢-٤٤هـ) أحد أنواع القشارة



شكل (٢-٤٤و) قشارة أسلاك

١ – ٦ - زرادية ضغط نهايات أطراف الأسلاك :

ـيل نهايـات أسـلاك أوكـابلات (موصـلاتها شـعيرات) بـالأجهزة المختلفـة مثـل المفـاتيح والبرايـز وقضبان التوزيع ....إلخ نهايات

شكال مختلفة تناسب نوع التوصيل ويجب تثبيت هذه الترامل جيداً بطرف السلك وتستعمل زرادية ضغط الأسلاك لهذا الغرض . ويوجد من هذه الزراديات أنواع مختلفة الأشكال والأغراض فمنها اليدوى والذى ترامل ذات الأقطار الصغيرة (من ١مم إلى ١٠مم) ومنها الهيدروليكى الذى يستخدم لكبس نهايات المقطع (أكثر من ١٠ مم)

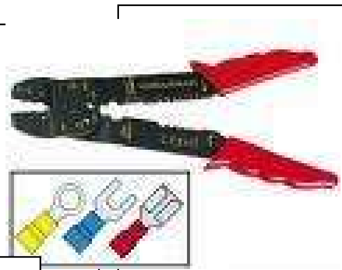
ب) يبينان زرادية يدوية لكبس الترامل وبعض أنواع الترامل ، شكل (٢-٤٥ج) يبين مكبس هيدروليكى كابلات .



أ



ب



ج

شكل (٢ - ٤٥ أ،ب)

(٢- ٤٥ ج)

- ماكينة اللحام بالنقطة :

نيل هذه الماكينة على وجود محول تيار متغير جهد ملفه الابتدائي هو جهد المنبع (٢٢٠فولت وجه ولت ثلاثة أوجة) وملفه الثانوي له نقط خروج لجهود متدرجة قد تصل إلى ٤٨ فولت وفي بعض ى تيار مستمر وحسب قانون ثبات القدرة الكهربية في المحولات تقريبا يكون شدة تيار الخرج كبيرة هرشريحتى المعدن المار بهما والمراد لحامهما معاً . وخرج الماكينة عن طريق قضيبين السفلي منهما ينة والثاني متحرك بواسطة رافعة تعمل بالقدم أو باليد حسب نوع وقدرة الماكينة ومثبت بكل منهما دبب وهما غير متلامسين في الحالة العادية .

١ - طريقة اللحام :

المعدنية المراد لحامهم بين نقطتي ساقى القضيبين وعند الضغط على الرافعة تنطبق نقطتي تلامس ، الألواح المعدنية فيمر تيار كهربي قيمته كبيرة خلال الألواح فترتفع درجة الحرارة مما يسبب لحامهم صيرة تتحدد حسب نوع وسمك الألواح . معظم هذه الماكينات تعمل بدوائر تحكم الكترونية لتحديد زمن ٢- ٤٦أ) تبين ماكينة لحام بالنقطة ثابتة ، وشكل (٢- ٤٦ ب) يبين ماكينة لحام بالنقطة. متنقلة



أ) ماكينة لحام بالنقطة ثابتة تعمل بالقدم . شكل (٢- ٤٦ ب) ماكينة لحام بالنقطة متنقلة تعمل باليد.

كاوية اللحام الكهربية :

ثة أجزاء ، الجزء الأول هو الرأس ويصنع من النحاس الأحمر ، والجزء الثاني عبارة عن ماسورة ثبت بطرفها العلوي الرأس وبداخل هذه الماسورة الجزء الثالث وهوملف التسخين الكهربي ويصنع من وم لتسخين الرأس ، أما الطرف الآخر للماسورة يوجد بها يد الكاوية والمصنوعة من المادة العازلة ك التوصيل المزود بالفيش . شكل (٢- ٤٧) يبين كاوية لحام كهربية .



شكل (٢- ٤٧) كاوية لحام كهربية .

ت لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في استخدام العدد والأدوات والآلات والأجهزة السابقة :

تدريب الطلاب عن طريق المشاهدة والفحص كما يلي :

م الطلاب بمشاهدة وفحص الآلات والعدد والأجهزة المستخدمة في تنفيذ التمارين العملية مع شرح وافي

ة على الطرق الصحيحة لاستخدام كل منهم مع مراعاة قواعد الأمن والسلامة أثناء الاستخدام لكل من:

اعها ومقاساتها – التزجه – المنجلة .

صلب (القدم) – الزاوية القائمة – القدمه ذات الورنية – الميكرومتر - البراجل بأنواعها – شوكة

علام – الجاكوش – الدقماق .

م الأجنة – المنشار – البنط – الشنيور اليدوى والكهربي – المثقاب – ماكينة حجر الجلخ – البوجى

. – الكفة وعدد من لقم القلاووظ .

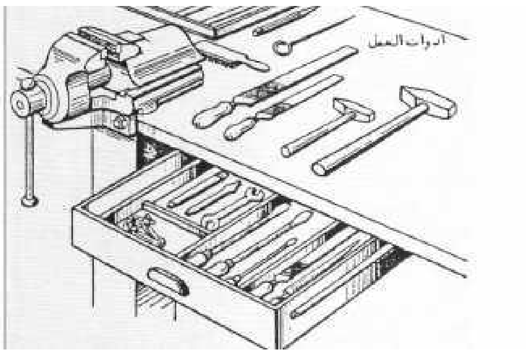
لخامات اللازمة لتنفيذ التمارين العملية – عينات لتمارين نفذت بواسطة طلاب الصف الأول العام السابق

التدريب عن طريق المحاكاة على كل عملية من عمليات تنفيذ التمارين العملية :

درس الفرقة بأداء كل عملية من عمليات تنفيذ التمرين أمام الطلاب ويطلب من أحد الطلبة محاكاته (تقليده

من عمليات تنفيذ التمرين مثل :-

العدد والأدوات المستخدمة على التزجه على يمين المنجلة شكل (٢ – ٤٨) .



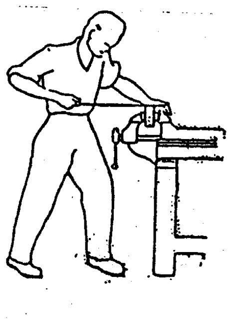
شكل (٢ – ٤٨) ترتيب العدد والأدوات المستخدمة

، التمرين إذا تطلب الأمر ذلك .

لعملية التى سيبدأ في تنفيذها .

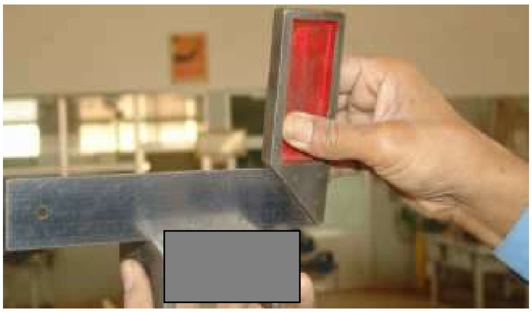
ة الصحيحة لربط التمرين على المنجلة أثناء العمل به .

لصحيحة أمام المنجلة ، وكيفية مسك المبرد واستخدامة في عملية البرادة شكل (٢ – ٤٩) .



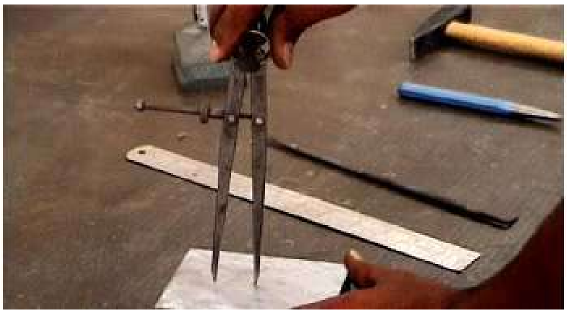

شكل (٢ – ٤٩) الوقفة الصحيحة أمام المنجلة

ستخدام الزاوية القائمة و القدم الصلب لضبط التمرين شكل (٢ – ٥٠) .



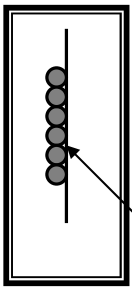
شكل (٢ – ٥٠)

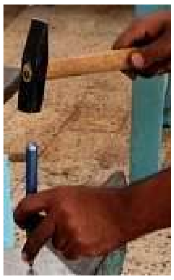
لشنكرة بعد دهان الوجه الذى سوف تجرى عليه عملية الشنكرة بمسحوق الطباشير المبلل بالماء ، وكيفية
م عدد الشنكرة بالطرق الصحيحة مثل رسم الخطوط الطولية والعرضية باستخدام البرجل ذو الشوكة .
ٔبعاد و رسم الأقواس والدوائر بالبرجل العدل بعد دق زنبة علام في مركز الدائرة ، ويتم نقل الأبعاد بدقة
ى القدم الصلب شكل (٢ – ٥١ أ).



شكل (٢ – ٥١ أ) عملية الشنكرة

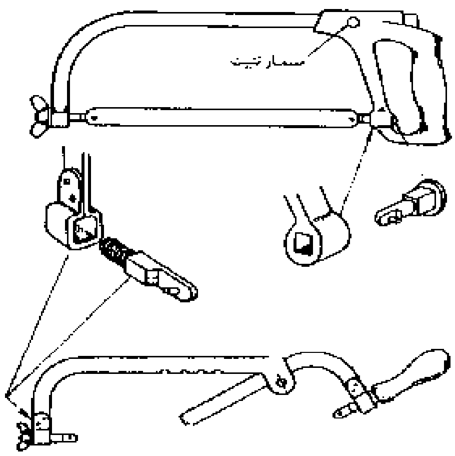
ب تمس خطوط الشنكرة من الخارج (الجزء الذى سيتم ازالتة) للمحافظة على هذه الخطوط أثناء العمل
رين شكل (٢ – ٥١ ب) .





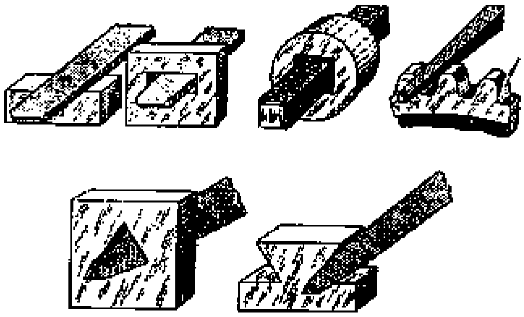
شكل (٢ – ٥١ب) دق زنب تمس خطوط الشنكرة من الخارج

ة تركيب سلاح المنشار على برواز المنشار والتأكد من أن إتجاه ميل الأسنان للأمام شكل (٢ – ٥٢)



شكل (٢- ٥٢) يبين طريقة تركيب سلاح المنشار.

ﻡ المبارد المثلثة والمربعة والنصف دائرة في المشقبيات التى تناسب كل منها شكل (٢- ٥٣).



شكل (٢- ٥٣)

ن صحة الأبعاد من حين للآخر باستخدام القدم والقدمه ذات الورنية.

ة الصحيحة لربط البنط بالمثقاب باستخدام مفتاح الظرف وعدم لمس السيور أو الطارات أثناء ذلك ، ربط التمرين على منجلة المثقاب في حالة التمارين ذات السمك المناسب لذلك ، أو تثبت تمارين الصاج طعة من الخشب أثناء الثقب .

الصحيخة لاستخدام طاقم القلاووظ والبوجى في عملية القلوظة .

عمل في تشطيب التمرين باستخدام المبارد الناعمة والصنفرة ودهان التمرين بالشحم حتى لا يصدأ .

لطالب بأهمية كل عملية من عمليات تنفيذ التمرين والمقصود منها اكتساب المهارات في التعرف على لأستخدام الصحيح لكل العدد والآلات والأجهزة المستخدمة في تنفيذ كل من التمارين العملية . تطبيق لأمن والسلامة أثناء تنفيذ التمارين باستخدام الآلات والأجهزة والعدد .

ظة أنه كلما أجاد الطالب اكتسب مهارة ونال التقدير المناسب أثناء تقييم التمارين بعد الانتهاء منها .

ب على أبناءنا الطلاب الملاحظة الجيدة للمدرس أثناء تنفيذ التدريب عن طريق المحاكاة والاستفسار عن ة لم يتم فهمها فهماً كاملاً .

ة :

ة عدم توافرأي من الخامات والعددوالأجهزة المذكورة بالتمارين العملية التالية يتم م البديل من الخامات والعددوالأجهزة الموجود بالقسم مع العمل علي استنفاذ الخامات أول بأول .

التمارين العملية :

التمرين الأول

:

ط رقائق محول .

تمرين :

الطلاب علي استخدام المبارد المختلفة و الزاوية القائمة .

الطلاب علي كيفية استعمال أدوات الضبط والشنكرة والثقب والتأجين .

الطلاب علي استعمال أدوات القياس المختلفة .

، علي شكل رقائق قلب محول كهربي وجه واحد .

ية :

ديد الصاج ٩٥ × ٦٥ × ٣ مم

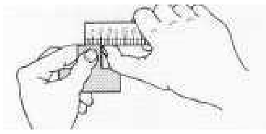
ت اللازمة :

ا	**العدد والأدوات**	**م**	**العدد والأدوات**
	مبرد مبطط خشن ١٠ ً	٢	مبرد مبطط ناعم ٨ ً
	مبرد مربع ٦ ً	٤	قدم صلب
	زاوية قائمة	٦	شوكة علام
	زنبة علام	٨	جاكوش
	برجل عدل وبرجل بشوكة	١٠	بنطة ٣ مم

ين أبعاد التمرين المطلوب .

، **التمرين** :

عاد قطعة الصاج ٩٥ * ٦٥ * ٣ مم (التمرين) باستخدام القدم الصلب والقدمه ذات الورنية .



جانبين متجاورين من (التمرين) باستخدام المبرد والقدم والزاوية القائمة ليصنعا معا زاوية ٩٠ °

التمرين) لتحديد الطول والعرض وكذا الشكل المطلوب حسب المقاسات الموضحة على الرسم ، مع

ان سطح التمرين بالطباشير المبلل بالماء قبل رسم خطوط الشنكرة واستخدام البرجلين العدل و ذوالشوكة

د من علي القدم الصلب ورسم خطوط الشنكارثم دق الزنب علي أن تكون الزنب متماسة مع خطوط

لخارج على الجانب المطلوب ازالته .

ائد من الطول والعرض على مسافة ٢ مم تقريباً من خطوط الشنكرة باستخدام المنشار اليدوى .

بط الجانبين الباقيين بالمبرد والزاوية القائمة ثم تنعيمهما ومراجعة الضبط بعد التنعيم وبعد ذلك الثقب

ي الأماكن الموضحة بالرسمم .

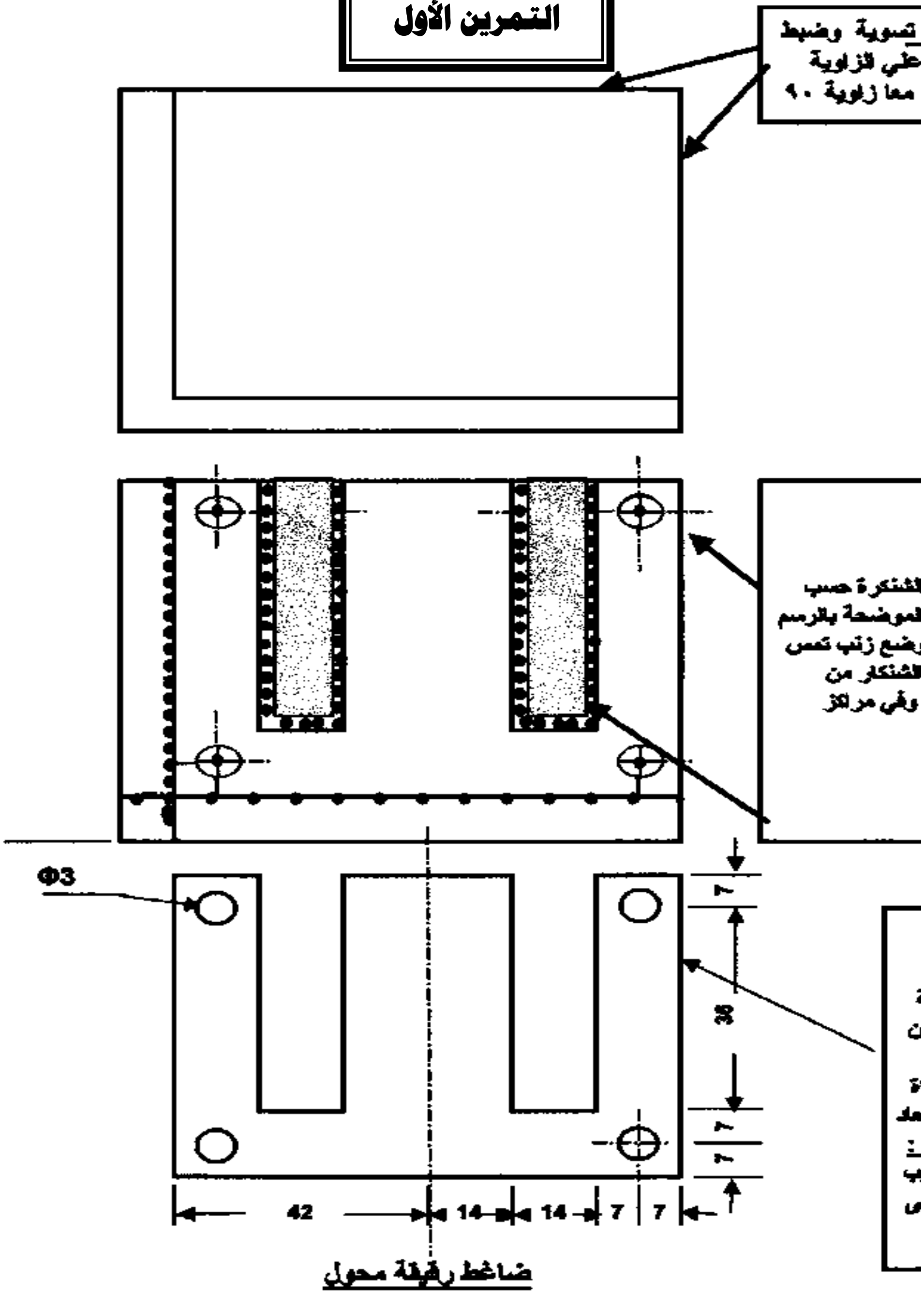
وب لتفريغ المستطيلين الداخلين ويستخدم قلم الأجنة والجاكوش في هذه العملية.

المستطيل الداخلى الأول باستخدام المبرد المربع الخشن ثم الناعم وتصفيته حسب الأبعاد ، ثم يتم تشكيل

نى .

تشطيب النهائي مع مرعاة دقة الأبعاد ..

التمرين الأول



ضاغط رقيقة محول

الأبعاد بالمليمترات

شكل (٢-٥٤)

التمرين الثانى

:

، وصل قطعتين من الصاج باستخدام مسامير البرشام (البرشمة الغاطسة والبارزة) .

تمرين :

الطلاب علي عملية البرشمة و استخدام أدواتها .

الطلاب على كيفية عمل البرشامة الغاطسة والبارزة .

ية :

ن الصاج سمك ٣ مم ومقاس ١٠٠× ٨٠ مم .

) مسمار برشام رأس تخويش (غاطس) .

) مسمار برشام رأس نصف كروى .

ت اللازمة :

ا	**العدد والأدوات**	**م**	**العدد والأدوات**
	بلص ساند	٢	بلص تشكيل
	بلص ضم	٤	جاكوش بيضة
	زاوية قائمة	٦	قدم صلب
	برجل بشوكة	٨	زنبة علام
	مبرد مبطط ٨ً خشن وناعم	١٠	شوكة علام

، التمرين :

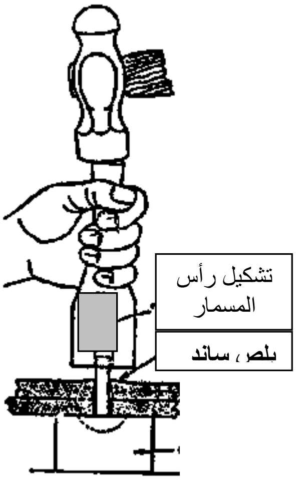
قطعة الصاج على الزاوية القائمة باستخدام المبرد وتصفى الأبعاد كما بشكل (٢- ٥٥) .

طعة الصاج من المنتصف بواسطة المنشار الحدادى ثم يتم ضبط القطعتين .

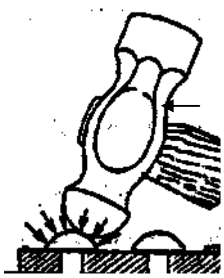
، الشنكرة بالقطعتين حسب الأبعاد الموضحة بالشكل (٢- ٥٥) وتحدد أماكن الثقوب مع وضع زنب في الثقوب .

لثقوب (يفضل أن يكون ذلك للقطعطين معا بعد ربطهما بمنجلة كلابة يدوية إن وجدت) ببنطة مساوية ر البرشام وتخويش الثقوب التى سيتم فيها البرشمة الغاطسة ببنطة أكبر قليلاً من بنطة الثقوب .
سمار مخ تخويش (رأس غاطس) للبرشمة الغاطسة ويكون التخويش للثقوب من الجهتين وتتم البرشمة كوش بيضة مناسب ، أما البرشمة البارزة فيستخدم مسمار مخ طاسة (رأس نصف كروى) وفى هذه م عمل تخويش للثقوب و يستخدم بلص قاعدة ذو تجويف يحفظ شكل رأس المسمار فى احدى الجهتين يل ذو تجويف أيضاً لتشكيل رأس المسمار من الجهة الآخرى شكل (٢ – ٥٦) و يمكن الاستغناء لتشكيل ؛ ويستخدم جاكوش بيضة مباشرة في عملية البرشمة بالطرق على القطرالخارجى لرأس مسمار ِقاً خفيفاً حتى يتكون شكل رأس مسمارالبرشام .

راعاة أن يكون الجزء البارز من مسمار البرشام بطول مناسب وهو(= ١.٥ x قطر المسمار) حتى تتم لبرشمة بالطريقة الصحيحة .
خدام الجاكوش من الناحية البيضاوية فى عملية البرشمة شكل (٢ – ٥٧) .

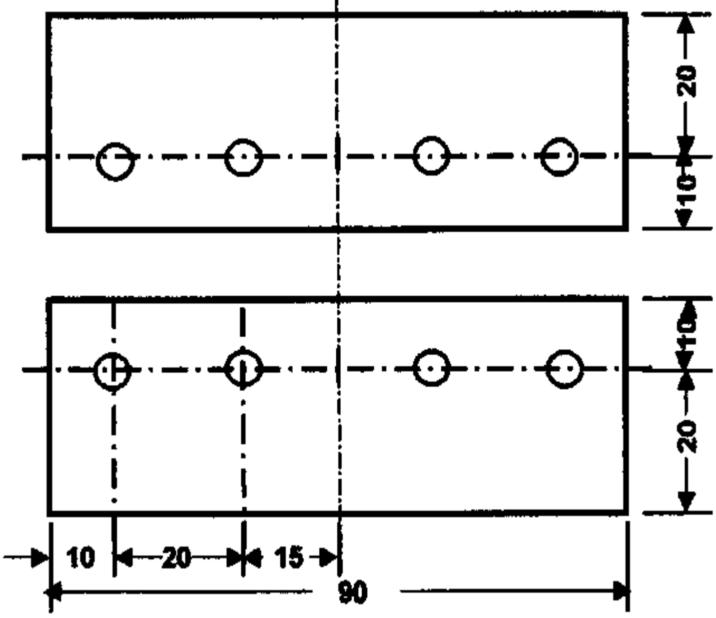


شكل (٢ – ٥٦)

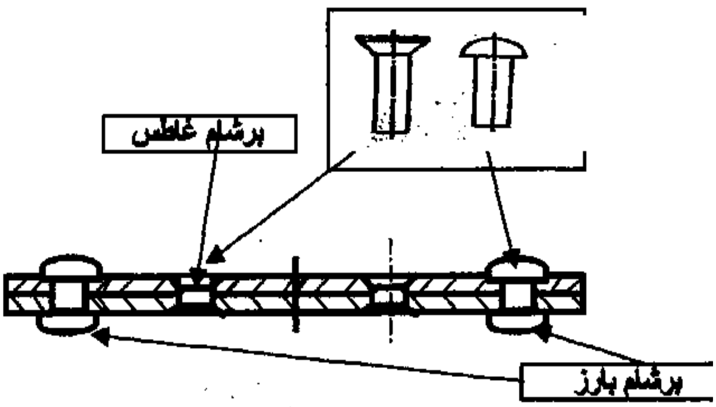


شكل (٢ – ٥٧) الطرق على القطر الجارجى لمسمار البرشام

التمرين الثاني



الأبعاد بالمليميترات



شكل (٢ـ ٥٥)

التمرين الثالث

:

، لحام قطعتين من الصاج باستخدام ماكينة اللحام بالنقطة .

تمرين :

، الطلاب على استعمال ماكينة اللحام بالنقطة في لحام الصاج .

، الطلاب على كيفية اللحام بالنقطة .

ية :

لصاج (أوالصفيح الفرنساوى) سمك ٠.٥ : ١ مم مقاس ٥٠×٩٠ مم

اللازمة :

مبططة معزولة .

حام بالنقطة .

التمرين :

قطعتي التمرين على الأبعاد الموضحة بالشكل (٢ – ٥٨) .

مكان اللحام في القطعتين المراد لحامهما .

قط اللحام على الوصلة كما بالشكل .

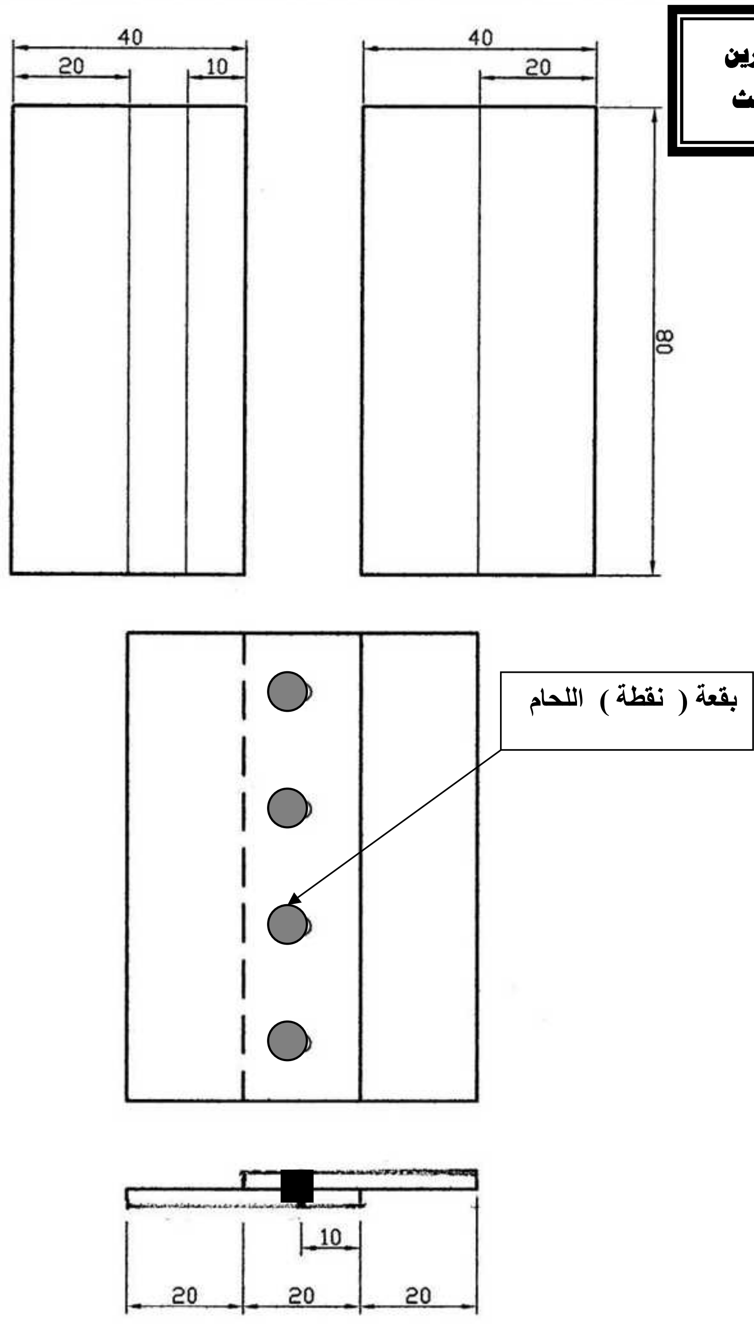
ع قطعتى الصاج ممسوكتين بالزرادية (أو الكلابة) بين ألكترودى ماكينة اللحام ثم الضغط على الدواسة

، باليد حسب نوع ماكينة اللحام شكل (٢- ٥٩).

ار تيار كهربى عن طريق الكترودات الماكينة خلال قطعتى الصاج لزمن معين يكفى لرفع درجة حرارة حتى يلتحما معاً ، بعدها ينقطع مرور التيار الكهربى و يتحدد زمن مرور التيار الكهربى وفقاً لنوع وسمكة وذلك عن طريق مؤقت زمنى ، أى انة كلما زاد سمك المعدن زاد الزمن اللازم لمرور التيار ، لاتمام عملية اللحام ولكنه لا يتعدى بضعة ثوان .

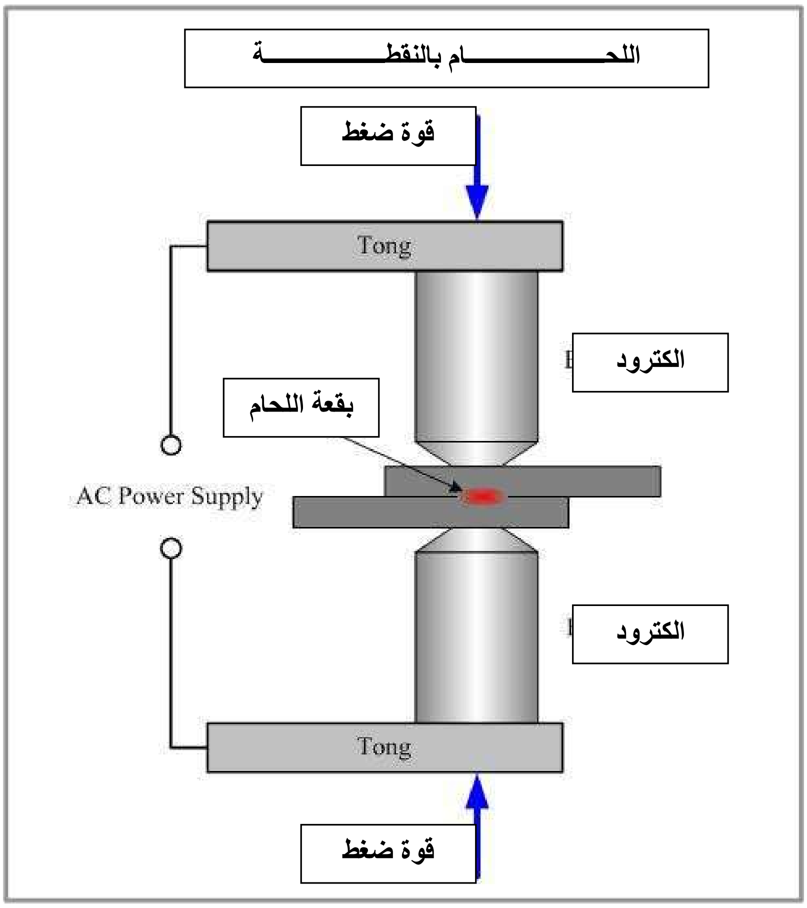
عملية بعدد نقط اللحام.

التمرين الثالث



الأبعاد بالملبمترات

شكل (٢- ٥٨)



شكل (٢- ٥٩) يوضح كيفية وضع قطعتى الصاج بين ألكترودى ماكينة اللحام بانقطة

محذوف: ¶

التمرين الرابع

:

يم والمنحنى والمنكسر .

تمرين :

لطلاب على تنفيذ الأنواع المختلفة للقص (المستقيم – المنحنى – المنكسر) .

لطلاب على استحدام مقص الصاج اليدوى (المقص السمكرى)

بية :

فرنساوى مقاس ٨٥ × ١٧٥ × ٠,٥ مم

اللازمة :

	العدد والأدوات	م	العدد والأدوات
	مقص صاج ٨ ً	٢	قدم صلب
	زاوية قائمة	٤	برج عدل
	برجل بشوكة	٦	شوكة علام
	دقماق خشب	٨	زهرة إستعدال

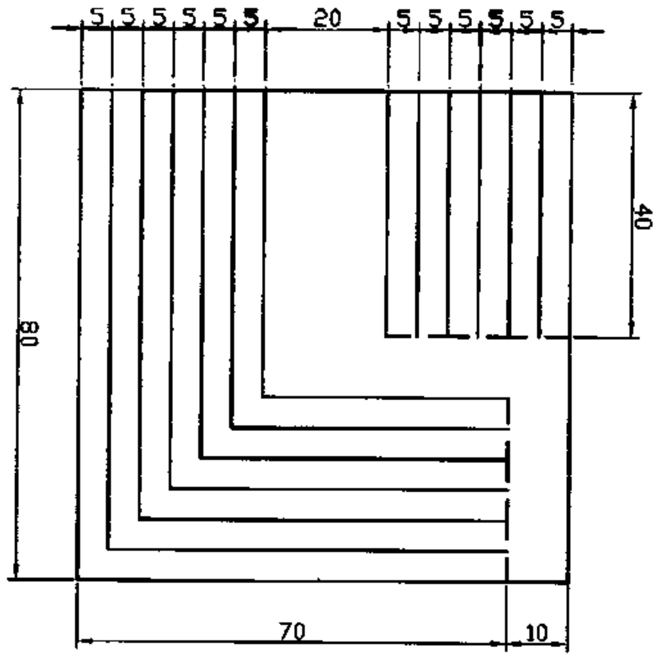
ا التمرين :

ى قطعة الصفيح بالدقماق الخشب على زهرة الأستعدال .

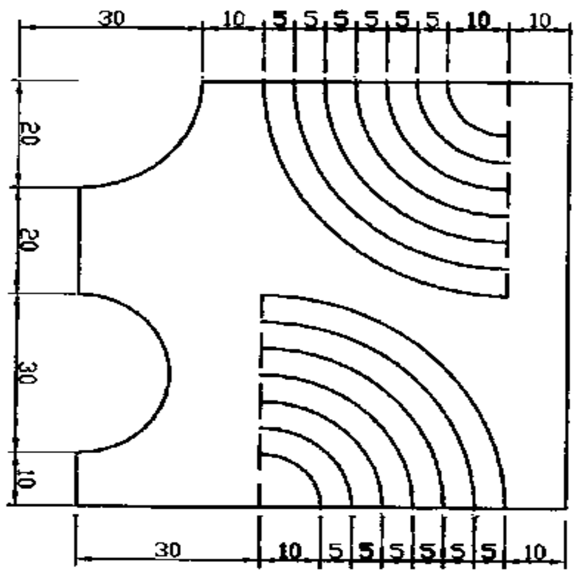
ط أضلاع قطعة الصفيح على الزاوية القائمة مع بعضها وإزالة الزيادة بواسطة مقص الصاج اليدوى
لأبعاد الموضحة بالرسم .ثم تقص قطعة الصفيح من المنتصف لنحصول على قطعتين متساويتين .
القطعتان كما بالرسم للحصول على خطوط القص المستقيم والمنكسر القطعة الأولي شكل (٢-٤٥أ) ثم
القطعة الثانية للحصول علي خطوط القص المنحنى والمستدير القطعة الثانية شكل (٢-٤٥ب).
قص الصاج اليدوى على المنجلة ثم تجرى عملية القص المستقيم على خطوط الشنكرة وبعد ذلك تجرى
لقص المنكسر حسب الأبعاد بالرسم مع مراعاة الدقة التامه في التنفيذ .

عملية القص المنحنى على الخطوط المرسومة على القطعة الثانية مع مراعاة أنه سوف يتم إزالة الجزء م بربع الدائرة ، وكذلك إزالة نصف الدائرة .

شرائح الصفيح بعد القص بالدقماق الخشب علي زهرة الأستعدال .



شكل (٢-٥٤أ) القص العدل والمنكسر



شكل (٢-٥٤أ) القص المنحني

الأبعاد بالمليمترات

الباب الثالث

الموصلات المستخدمة فى الدوائر الكهربية

لاك الكهربية والكابلات المختلفة :

ـ المعزولة هى وسائل جيدة وآمنة لنقل التيار الكهربى من مصدره إلى الأجهزة الكهربية مثل الغسالة ة والمكواة الكهربية وجميع الأجهزة الإلكترونية والمصابيح والبرايز .

لأسلاك والكابلات من النحاس الأحمر أو الألمنيوم وتغطى بطبقة او أكثر من المواد العازلة مثل البلاستك ط .

مساحة مقطع الموصلات المستخدمة في التركيبات الكهربية من ٠,٢٥ مم إلى ٥٠ مم أوأكثر . هذة لات إما أن تكون مصمتة أو ذات شعيرات .

ـلات إما أن تكون مفردة (أى من موصل واحد) أو أكثر (ذات موصلين أو ثلاثة أو أربعة) ، وتوجد بها أكثر من ذلك لبعض الأستخدامات الخاصة مثل دوائر التحكم والدوائر الإلكترونية والتليفونات ..... ـصل يكون معزول عزلاً جيدا عن الآخر في غلاف عازل مثل الثرموبلاستك (PVC) .

ـ استخدامات الأسلاك :

ـدامات الأسلا ك والكابلات وفقاً للآتى:

داخل مواسير عازلة وتكون من سلك واحد مصمت أو شعيرات وعادةً تكون مساحة مقطعها من ٠,٥ ـتى ١٠ مم ٢ .

، للاستخدام المباشر خارج الجدران وهى إما أن تكون كابلات أحادية (أى ذات موصل واحد) أو أن

ائية أوثلاثية أو رباعية معزولة عن بعضعها ، وكل موصل قد يكون مصمت أو مكون من شعيرات شكل

) يوضح بعض أشكال الأسلاك والكابلات المتنوعة ،

٣-١ب) يوضح كابل تحكم ذو عدة موصلات يستخدم في دوائر التحكم المختلفة مثل دوائر التكييف

ودوائر التحكم الكهربى في المصانع الكبيرة ....

٣-١جـ) يوضح مجموعة متنوعة من الكابلات .







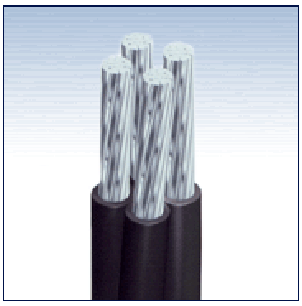
كابل ثنائى قطاعه شعيرات

كابل ثنائى وآخر ثلاثى

كابل مفرد قطاعه ٧ شعرات



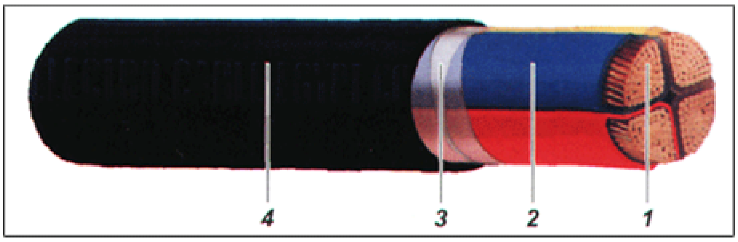




وصلات بدون الأرضى

كابل ثلاثة موصلات + الأرضى

كابل أربعة مواصلات +الأرضى



١- الموصلات ٢-عازل بلاستك ٣- غلاف عازل ثانى ٤- غلاف عازل خارجى

كابل ذو أربعة موصلات مزدوج العزل

شكل (٣-١أ) يوضح بعض أشكال الأسلاك والكابلات المتنوعة



شكل (٣-١ب) يوضح كابل تحكم ذو عدة موصلات يستخدم في دوائر التحكم



شكل (٣-١جـ) يوضح مجموعة متنوعة من الكابلات

ينات لإكساب الطلاب المهارات الأساسية فى تقشير الأسلاك وعمل الوصلات المختلفة :

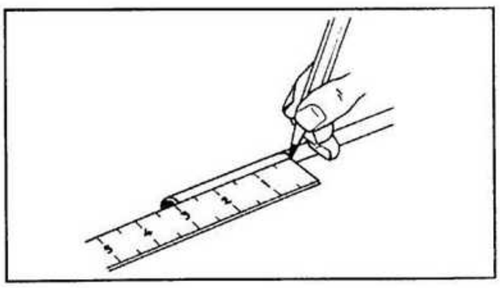
تقشير الأسلاك

ى تسبق عملية الوصلات الكهربية المختلفة ويجب تنفيذها بكل دقة وحرص . وهى عملية إزالة العازل لاك أو من وسطها بغرض إعدادها إما للتثبيت فى أماكن معينة مثل (برايز- مفاتيح كهربية – أجهزة ومعدات كهربية) ، أو عمل الوصلات بها .

١- تقشير الأسلاك

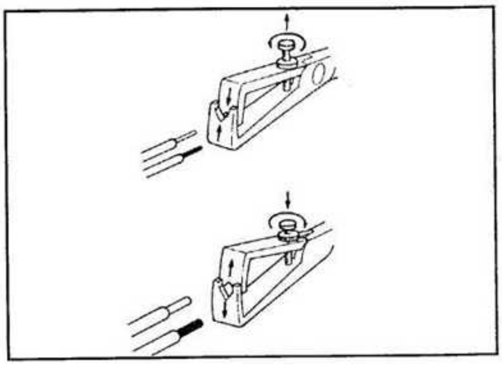
لأسلاك وفقاً لقواعد ومواصفات تختلف باختلاف نوع السلك ومواصفاته والغرض سواء كان تثبيت أو قشارة السلك أوسكين تقشير الأسلاك أو (الكاترcutter) ويفضل قشارة السلك بأنواعها المختلفة وذلك أمن وسلامة الطلاب وويتم التقشير كما يلي :

على السلك لتحديد مسافة التقشير حسب الوصلة شكل (٣ - ٢)



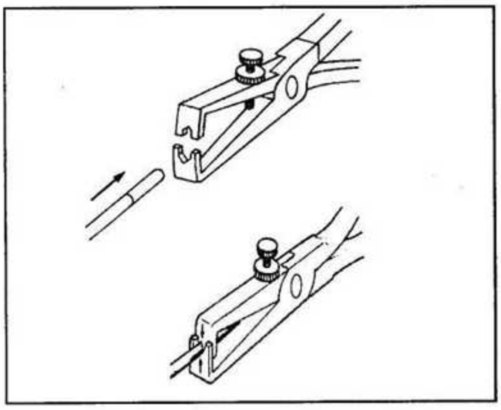
شكل (٣ - ٢) قياس مسافة التقشير

ﻗشارة السلك لتناسب قطر الموصل المراد تقشيره (لعدم قطع أو حز بعض الشعيرات)شكل (٣ - ٣)



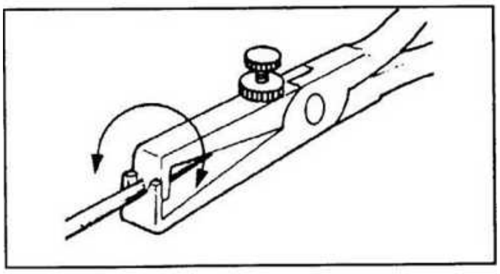
شكل (٣ - ٣) ضبط القشارة

ﻝ السلك فى القشارة ونحكم الغلق جيدا على السلك شكل (٣ - ٤)



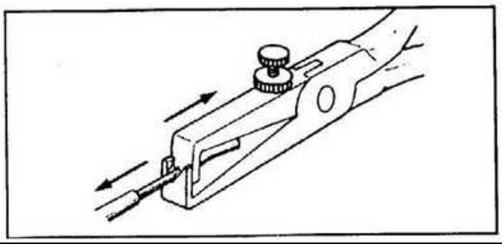
شكل (٣ - ٤) احكام غلق القشارة على السلك

نصف دورة لليمين ونصف دورة لليسار شكل (٣ - ٥) .



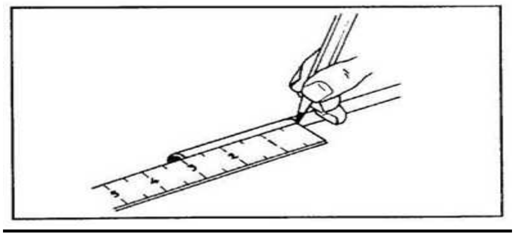
شكل (٣ – ٥)   لقطع العاازل أدر القشارة نصف دورة يمينا و نصف دورة يسارا .

لقشارة برفق للخلف شكل (٣ - ٦)

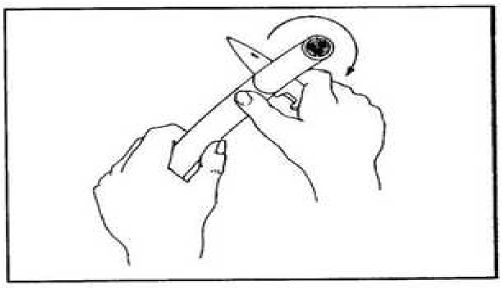


شكل (٣ - ٦) سحب العازل المزال للخلف

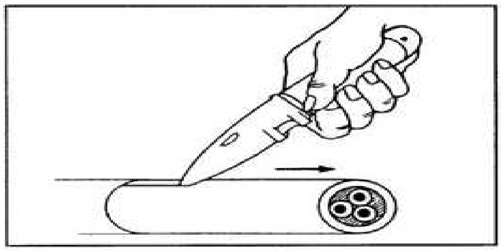
٢- تقشير الكابلات



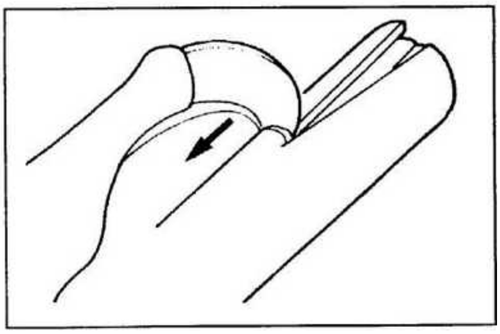
١. قياس مسافة التقشير شكل (٣ - ٦)



ع الكابل دائريا عند خط العلام بعمق لايزيد عن ٤ / ٣ من سمك العازل شكل (٣ - ٦)



هاية الكابل على سطح مستوى واقطع طوليا الجزء المراد ازالته من العازل لشكل (٣ - ٧)



شكل (٣ - ٨) اسحب العازل المزال للخلف لقطعة .

التمارين العملية

التمرين الأول

:

ت المختلفة للأسلاك والكابلات ذات الموصل المصمت .

تمرين :

، على تقشير الأسلاك بالطرق والعدد المناسبة .

، على عمل الوصلات المختلفة - وصلة البوات (زيل الفار) الوصلة العدلة – وصلة حرف T .

ِبة :

نحاس مصمت مفرد معزول بلاستك ١مم٢ القطعة بطول ٥ سم

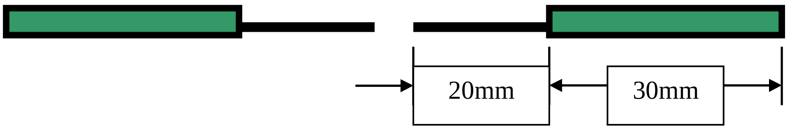
اللازمة :

العدد والأدوات	
شارة سلك من أى نوع (في حالة عدم تواجدها تستخدم آداة مناسبة للتقشير تحت إشراف المدرس .	
رادية مبططة معزولة ٦ً.	
دم صلب	
صافة سلك معزولة ٦ً	

، **التمرين** :

وصلة البوات (زيل الفار)

ر قطعتى السلك .
هما معاً أما باليد أو بالزرادية ..
وصلة بالشريط العازل

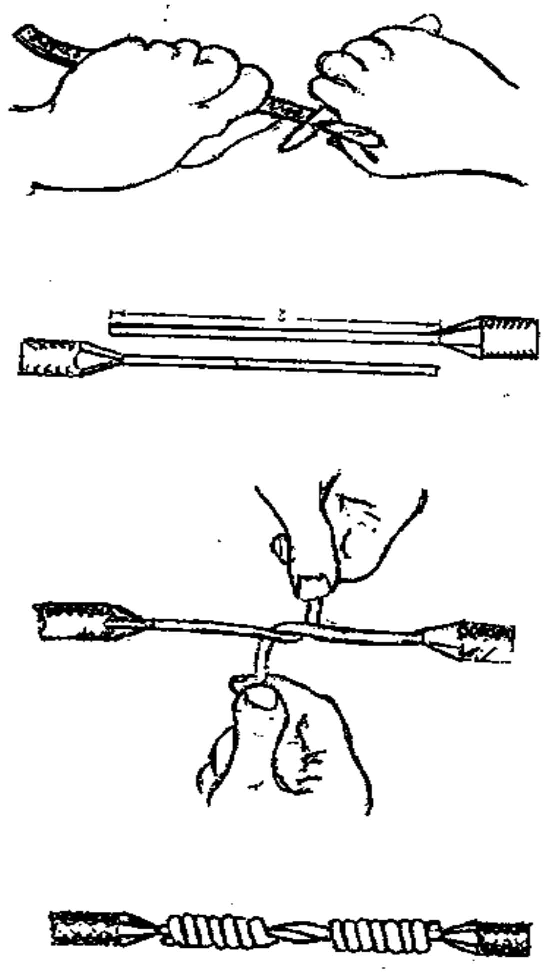




شكل (٣-٩) وصلة البوات (زيل الفار)

- وصلة عدلة

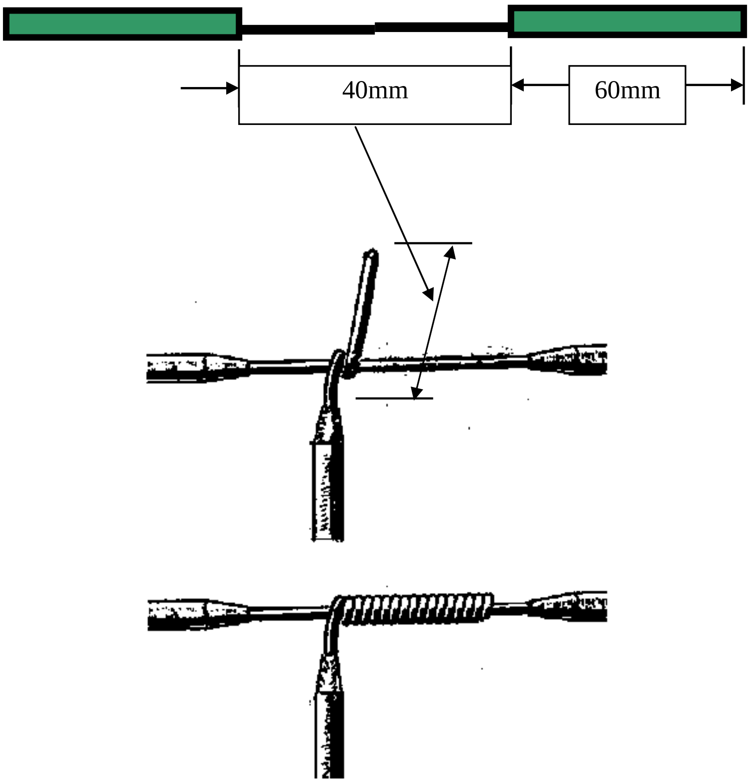
سلك .
ف السلك الأول حول السلك الثاني بإتجاه عقارب الساعة ثم لف طرف السلك الثاني بإتجاه عكس عقارب
بشكل منتظم شكل (٣ – ١٠)



شكل (٣- ١٠) يبين طريقة جدل الوصلة العدلة لسلك مصمت .

٢ – ٣- وصلة على شكل حف T من سلك مصمت

سلك .
لك الرأسي على السلك الأفقي بحيث يكون متعامد علية .
ك الرأسي على السلك الأفقي بشكل منتظم مع أو عكس عقارب الساعة لتحصل علي الوصلة المطلوبة
٢ – ١١)



شكل (٣ – ١١) وصلة حرف T من سلك مصمط

التمرين الثاني

:

المختلفة لسلك كابل شعيرات ٦ مم ٢ .

تمرين :

وصلة العدلة (الشعيرات المتداخلة) .

صلة حرف T .

ية :

اس شعرات معزول بلاستك ٦مم٢ (بطول ٢٥ سم لكل وصلة) .

اللازمة :

م	العدد والأدوات
١	نفس العدد والأدوات المستخدمة فى التمرين السابق

ة :

– ٤- الوصلة العدلة (وصلة الشعيرات المتداخلة)

طرفي قطعتى السلك بطول ٧٥ مم .

فرد شعيرات الأسلاك كل علي حدة لمسافة ٢٥ مم ونبقى ٥٠ مم بدون فرد .

طراف الكابل الأول مع أطراف الكابل الثاني .

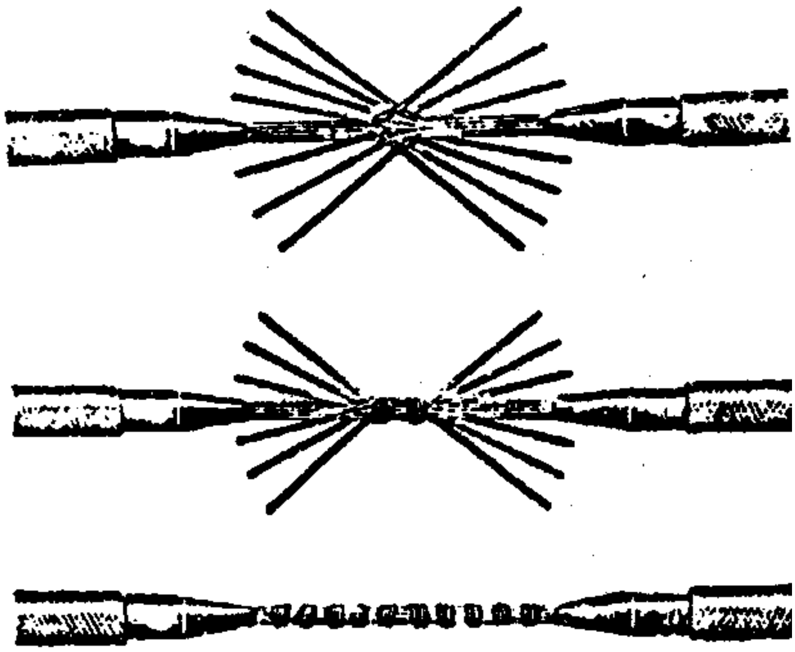
الأسلاك من الكابل الأول علي الأسلاك المجدولة من الكابل الثاني واحد بعد الآخر في اتجاه عقارب

وبنفس الطريقة نلف أسلاك الكابل الثانى على الكابل الأول عكس اتجاه عقارب الساعة (عكس اللف

) .

تشطيب العملية باستخدام الزراديات المختلفة والقصافة لتحسين شكل الوصلة .ثم تعزل الوصلة .

) خطوات تنفيذ وصلة الشعيرات المتداخلة (المتشابكة) .



شكل (٣- ١١) يبين خطوات تنفيذ وصلة الشعيرات المتداخلة (المتشابكة) .

– ٥- الوصلة حرف T :

ِف الكابل الأول بطول ٧٥ مم

ِف الكابل الثاني من المنتصف لمسافة ٥٠ مم.

عيرات الكابل الأول لمسافة ٤٠مم ونبقى ١٠ مم بدون فرد ونرط الكابل عندها حتى لاتتفكك الأسلاك .

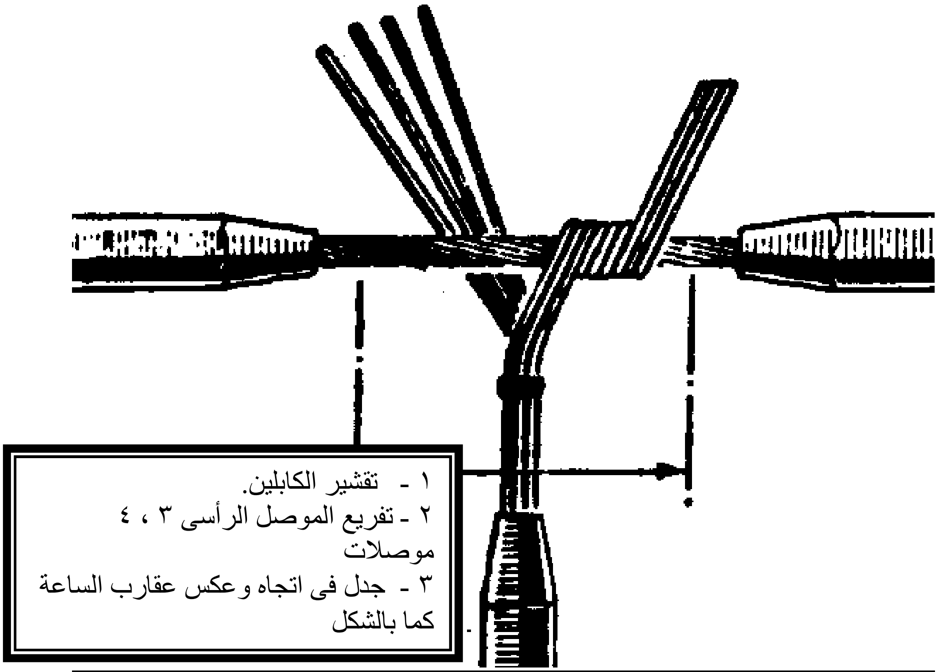
الكابل الأول الموضوع بشكل رأسي إلي قسمين ٣ موصلات و ٤ موصلات ونضع الكابل الثاني من

ين موصلات الكابل الأول .

ول من الأسلاك وليكن الثلاثة باتجاة عقارب الساعة والأربعة أسلاك عكس اتجاة عقارب الساعة .

يب العملية باستخدام الزراديات المختلفة والقصافة لتحسين شكل الوصلة .ثم تعزل الوصلة .

) يبين خطوات التنفيذ



شكل (٣-١١) يبين طريقة تنفيذ الوصلة حرف T لسلك كابل شعيرات .

التمرين الثالث

:

وقصدرتها وتثبيت الأسلاك فى الأدوات الكهربية.

تمرين :

على عمل العروة وقصدرتها .

على طرق تثبيت الأسلاك فى الأدوات الكهربية .

ية :

من السلك بطول ٧ سم (سلك مصمت – سلك شعيرات) .

بالقلفونية واحد جم لكل عروة .

لحام (فلكس – قلفونية) علبة صغيرة للجميع .

ن

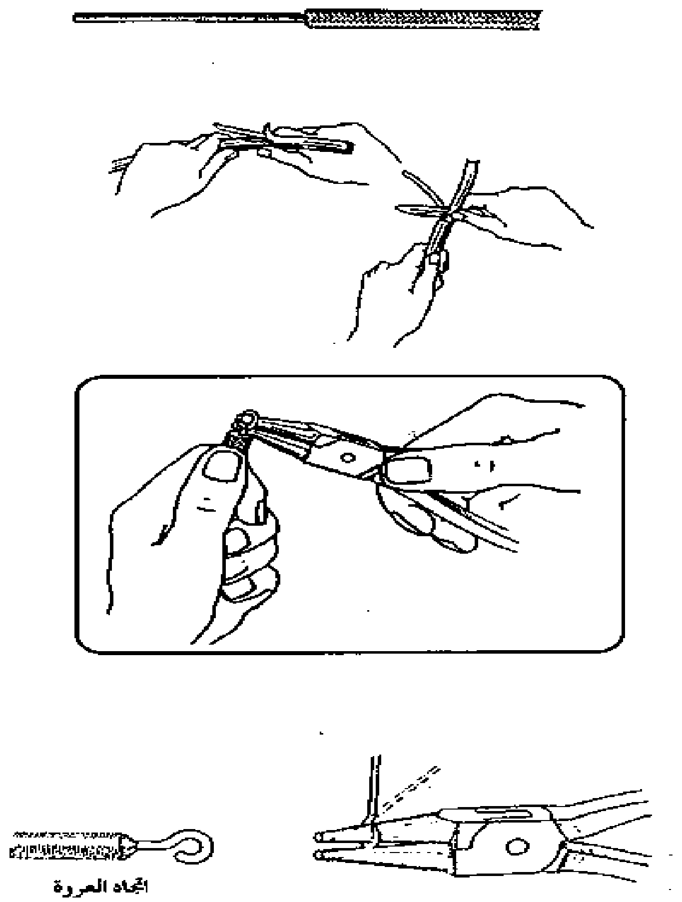
م	العدد والأدوات
	قشارة سلك من أى نوع (في حالة عدم تواجدها يتخدم الكاتر تحت إشراف المدرس .
	زرادية مبططة معزولة ٦ ً.
	زرادية ببوز ملفوف.
	قصافة سلك معزولة ٦ ً
	كاوية لحام كهربية

ا :

_ **٦**- عمل العروة وقصدرتها :

ط القشارة لتناسب مقطع السلك المراد إزالة جزء العازل منه ،وإذا لم يتيسر وجود القشارة نستعمل آلة تحت إشراف المدرس) ؛ بالطريقة السابق شرحها بالبند (٣ –٢ – ١) .

الربط تحت مسمار فيتم عمل عروة بالزرادية ذات البوز الملفوف كما هو موضح بشكل (٣-١٢) ويتم ها على أن تكون فتحة العروة في إتجاه ربط المسمار .



شكل (٣-١٢) طريقة عمل العروة

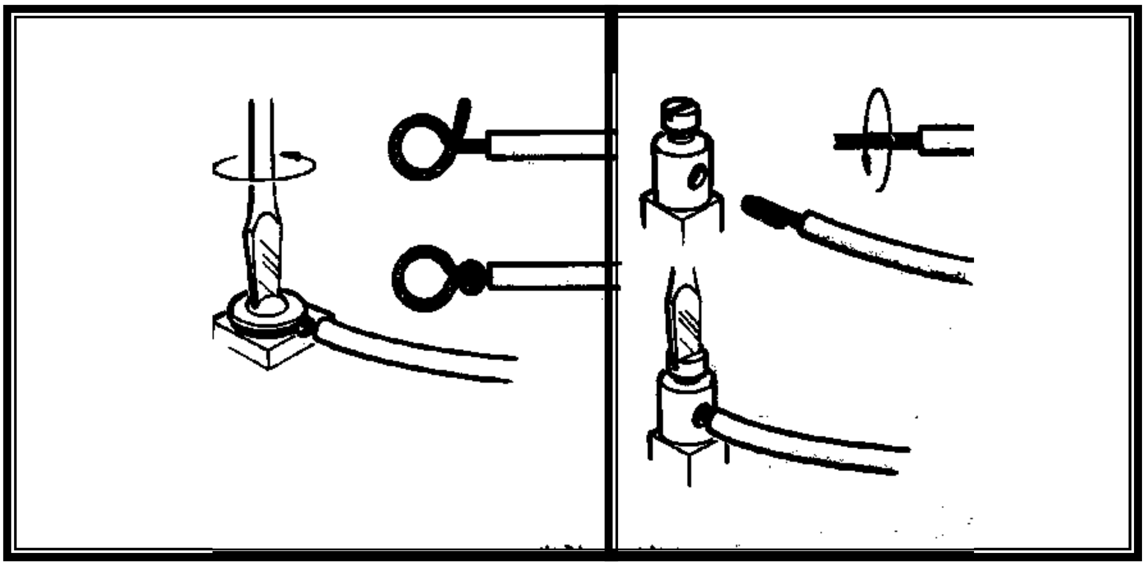
- طرق تثبيت الأسلاك فى الأدوات الكهربية :

تنظيف السلك جيداً قبل ربطة وفي حالة السلك الشعيرات يجب جدلها جيدا ويمكن قصدرته بواسطة كاوية ِبية والقصدير مع استعمال مساعد اللحام (مع مراعاة عدم ترك الكاوية على السلك مدة طويلة حتى لا العازل) .

ط داخل ثقب يربط عليه مسمار مقلوظ يراعى أن تكون مسافة تقشير السلك تساوى عمق الثقب ، فإذا فسوف يتم الربط على العازل مما يسبب التوصيل الردىء ، وإذا كانت أكبر قد تؤدى إلى تلامس العارية .شكل (٣ – ١٤ أ)

الربط تحت مسماريتم عمل عروة شكل (٣ – ١٤ ب)

ي قصدرة الموصلات ذات الشعيرات قبل ربطها فى ثقوب الأدوات والأجهزة الكهربية لتلافى تلامس ضها مما يسبب قصر داخل أدوات التركيبات الكهربية أيضا .



أ) ربط نهاية الموصل داخل ثقب .شكل (٣ – ١٤ ب) ربط نهاية الموصل تحت وردة ورأس

افة التقشير = مسافة عمق الثقب) مسمار (يتم عمل خية)

التمرين الرابع

:

(الترامل) للموصلات ذات الشعيرات

تمرين :

ى تركيب وضغط نهايات التوصيل المختلفة للموصلات ذات الشعيرات .

مة :

م	العدد والأدوات
١	قشارة سلك من أى نوع.
٢	زرادية ضغط نهايات التوصيل (كبس الترامل)
٣	قدم صلب
٤	قصافة سلك معزولة ٦ً

بة :

لك بطول ٧ سم (سلك شعيرات) ٢ - ٦ مم٢.
ناسب لقطر السلك الكابل

:

ط القشارة لتناسب مقطع السلك المراد إزالة جزء العازل منه ،وإذا لم يتيسر وجود القشارة نستعمل آلة تحت إشراف المدرس) على أن يتم الحز في العازل دائريا (دون الضغط)ثم سحب الجزء المراد من العازل ، مع المحافظة على الموصل دون خدش اثناء ذلك . مع مراعات أن يكون الطول المنزوع يه العازل مساوياً تماماً للجزء الأسطوانى من الترمل (النهاية) والمعد لدخول السلك فيه .

جزء العارى من السلك جيدا ثم يدخل داخل الترمل على ألا يظهر أى جزء عارى خارج الترمل .

. على الترمل وبداخله السلك ببنسة الترامل .

هذة العملية يجب مراعاة أن قطر السلك = مقاس الترمل = ضبط فتحة الضغط المناسبة على بنسة ، وأن يكون الضغط على المكان الناسب من الترمل وذلك لنجاح عملية الضغط (الكبس) .

ن نجاح عملية الكبس يشد السلك خارج الترمل بقوة متوسطة .

٢- ١٣) يبين أحد أنواع بنس الترامل وعدة أنواع من نهايات التوصيل المختلفة .



شكل (٣- ١٣) يبين أحد أنواع بنس الترامل وعدة أنواع من نهايات التوصيل المختلفة

الباب الرابع

دوائر الإضاءة الكهربية

لمصطلحات المستخدمة في التركيبات الكهربية :-

الكهربى هو تبسيط الدلالة على المعدات الكهربية مثل المفتاح والخطوط والمقابس وغيرها ، وقد صنفت جداول إلى أربعة أعمدة ؛ العمود الأول من جهة الشمال يمثل اسم الرمز الكهربى ، والعامود الثانى يمثل أى الشكل التمثيلى للدائرة على الطبيعة ، والعامود الثالث يمثل دائرة سير التيار ، والعامود الرابع يمثل معدة الكهربية .

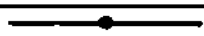
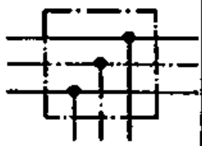
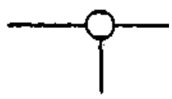
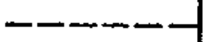
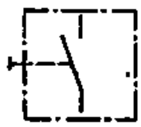
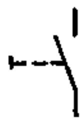
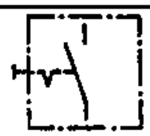
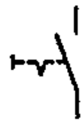
واع الدوائر الكهربية :-

الخطية : هى أبسط أنواع رسم التوصيلات الكهربية وترسم عادةً من قطب واحد (خط واحد) حيث ضح مكونات الدائرة بحيث يمكن تتبع مسار التيار الكهربى بسهولة . كما يوضع عليها مواصفات الدائرة ث عدد الأسلاك ومساحة مقطعها ونوع الحماية والقواطع وكذلك نوع الأحمال .لذلك يجب على الفنيين فى مصين معرفة وقراءة الرموز والمصطلحات الأساسية وفقا للكود المصري.

سير التيار : تبين سير التيار الكهربى بالدائرة حيث توضح المعدات والأجهزة الكهربية بين قطبى اء L , N (وجه واحد) أو L1 , L2 , L3 , N (ثلاثة أوجه) . توصل بخطوط مستقيمة بدون ت .

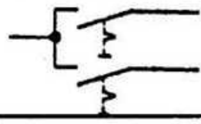
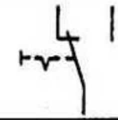
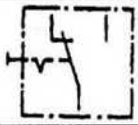
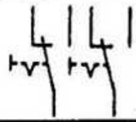
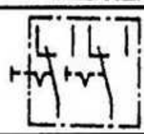
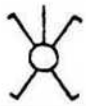
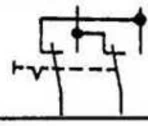
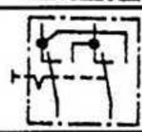
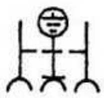
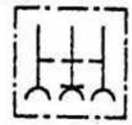
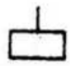
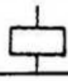
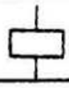
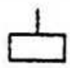
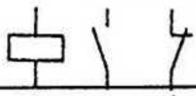
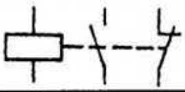
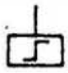
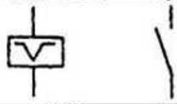
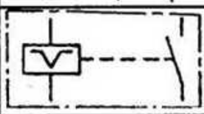
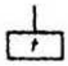
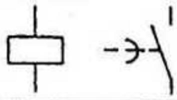
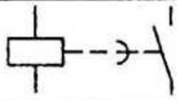
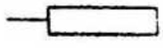
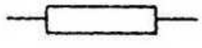
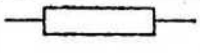
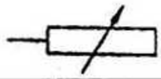
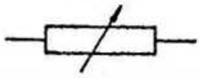
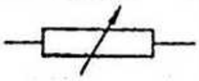
التنفيذية : وهى خطة توصيل فعلية تبين وضع الدائرة بجميع أجزائها ؛ حيث تبين عدد خطوط لات الإنشائية وكيفية إتصال الأسلاك بالمعدات والأجهزة الكهربية وشبكات الخطوط وهكذا ، اى إنها للدائرة الخطية .

جدول (١- ٤) تبين الرموز والمصطلحات الأساسية
وفقاً للمصطلحات الدولية في دوائر الإنارة والتركيبات الكهربية .

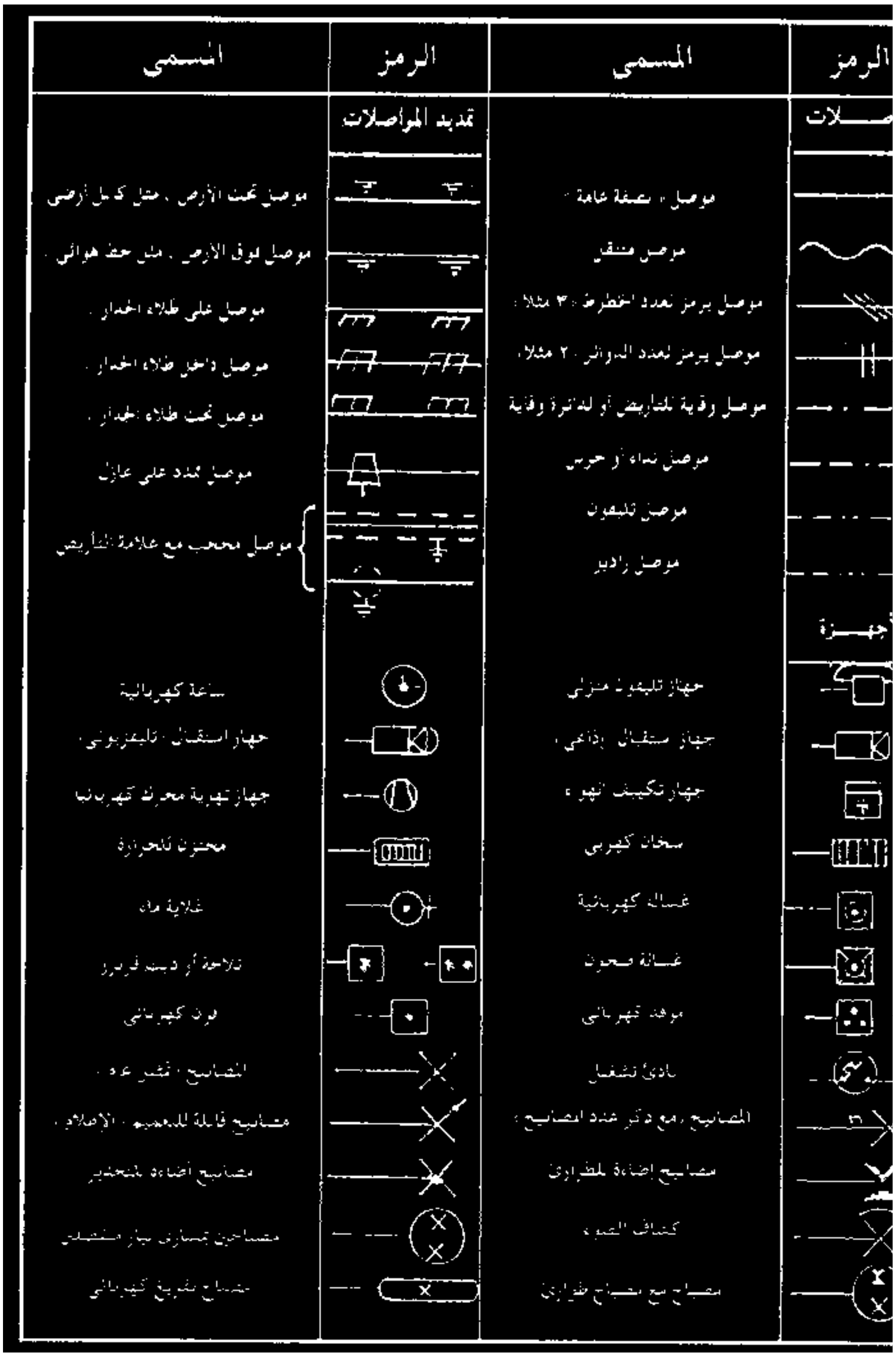
المســـمى	الرسم فى الدائرة التنفيذية	الرسم فى دائرة سير التيار	...سم فى الدائرة الخطية
الموصل بصورة عامة			
موصل حماية			
وصلة مستديمة			
وصلة قابلة للفصل			
مصدر قدرة عامة			
مصدر قدرة كيميائى			
أطار « مبيت » المعدات والأجهزة الكهربية			
علبة تفريع (بواط)			
توصيلة بصورة عامة مثل توصيلة ميكانيكية			
مفتاح توصيل يشغل بالضغط			
مفتاح توصيل يشغل بالضغط			

تابع جدول (١- ٤) الرموز والمصطلحات الأساسية

وفقاً للمصطلحات الدولية في دوائر الإنارة والتركيبات الكهربية .

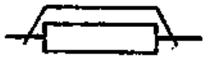
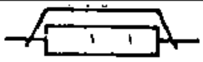
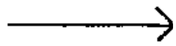
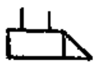
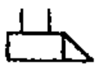
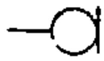
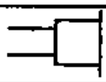
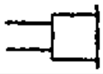
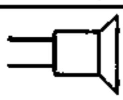
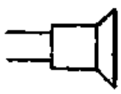
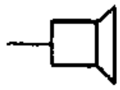
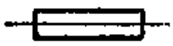
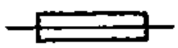
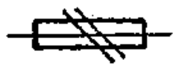
رسم فى الدائرة الخطية	الرسم فى دائرة سير التيار	الرسم فى الدائرة التنفيذية	المسمى
			مفتاح توالى « مفتاح نجفة »
			مفتاح باتجاهين « مفتاح تبديل »
			مفتاح باتجاهين مزدوج
			مفتاح وسط « مفتاح تصالب »
			مقبس مؤرض «بريزة مؤرضة»
			ملف متمم أو ملف مفتاح تلامس
			مفتاح تلامس أحداهما يوصل والآخر يفصل
			متمم نبضى
			متمم تأخير زمنى
			مقاومة
			مقاومة متغيرة

تابع جدول (١- ٤) الرموز والمصطلحات الأساسية
وفقاً للمصطلحات الدولية في دوائر الإنارة والتركيبات الكهربية .



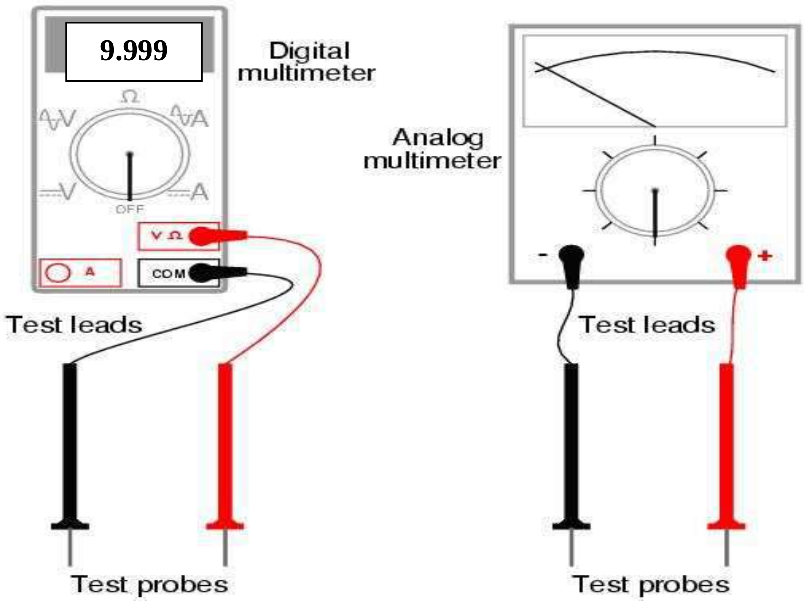
تابع جدول (١- ٤) الرموز والمصطلحات الأساسية

وفقاً للمصطلحات الدولية في دوائر الإنارة والتركيبات الكهربية

المســــمى	الرسم في الدائرة التنفيذية	الرمز في دائرة سير التيار	مز في الدائرة الخطية
مقاومة سخان			
مجفف كهربى			
مصباح			
مصباح متوهج «مصباح مراقبة»			
جــرس			
قفل باب كهربى			
ميكرفــون			
مستقبل صوتى			
سماعة مكبر صوتى			
ڤولتمتر		 V	 V
أمبير متر		 A	 A
مصهر			
أرضــى			

القياس الكهربية :

فر للفنيين والمهندسين مميزات كثيرة لقياس الجهد للتيار المستمر والمتغير وذلك بواسطة جهاز الفولتمتر
ة التيار سواء للتيار المتغير أو المستمر بواسطة جهاز الأميتر .
جهازين السابقين مع مميزات آخرى مثل قياس المقاومة وسعة المكثفات واختبار بعض المكونات
جهاز واحد يسمي الآفوميتر أو الجهاز متعدد القياسات ويوجد منأجهزة القياس نوعان :-
ى Analog وهو ما يزود بؤشر يتحرك أمام واجهه تبين تدريجات الجهازومدون عليها هذه الرموز .
جهاز أثناء القراءة (رأسي ⊥ ، أفقي ⊓ ، مائل بزاوية ∠
ياس التيار المستمر فقط ويحمل الرمز (⎓) .
ياس التيار المتردد فقط ويحمل الرمز (~)
ياس التيار المتردد والمستمر ويحمل الرمز (~_)
جب التأكد من مناسبة الجهاز لقياس نوع الجهد (متردد - مستمر) :
قمى Digital وهو مزود بشاشة رقمية تظهر عليهاالقيمة المقاسة مباشرة
يستخدم في رسم الموجات الكهربية ويسمى جهاز الأوسيلوسكوب (أو راسم الأشارة) . شكل (٤-١)
لجهاز التناظرى والرقمى .



شكل (٤-١) الفرق بين الجهاز التناظرى والرقمى .

- جهاز الفولتميتر :

خدم لقياس فرق الجهد سواء كان على المصدر الكهربى أو على الحمل الكهربى . مقاومة هذا الجهاز ـل على التوازى مع الحمل. ووحدة القياس هي الفولت أو كسورة العشرية مثل المللي فولت ١٠ مللى فولت) أو مضاعفاتة مثل الكيلو فولت (الكيلو فولت = ١٠٠٠ فولت) .

جب مراعاتها عند إستخدام جهاز الفولتميتر :-

لجهاز على التوازى عبر النقط المراد قياس فرق الجهد بينها .

ـهاز على قيمة أكبر من القيمة المحتمل قياسها للجهد وإذا لم تحدد يضبط على أكبر قيمة للقياس بالجهاز سطة تحريك مفتاح الاختيار الموجود بالجهاز إن وجد .

يوضح جهاز فولتميتر من النوع التناظرى تدريجه من صفر حتى ٥٠٠ فولت يقيس كلا من التيار دد ويعمل داخل اللوحة الكهربية .



شكل (٤ - ٢) جهاز فولتميتر من النوع التناظرى

- ٢ - جهاز الأميتر :-

خدم لقياس شدة التيار المارة بالدائرة الكهربية ويوصل بالتوالى مع الدائرة المراد قياس شدة التيار بها .

ة التيار هى الأمبير أو كسوره العشرية المللى أمبير أو مضاعفاته الكيلو أمبير .

ات بصغر مقاومتها الداخلية ، حتى لا يؤدى توصيلها بالدائرة إلى هبوط في الجهد على طرفي الجهاز ـة القياس .

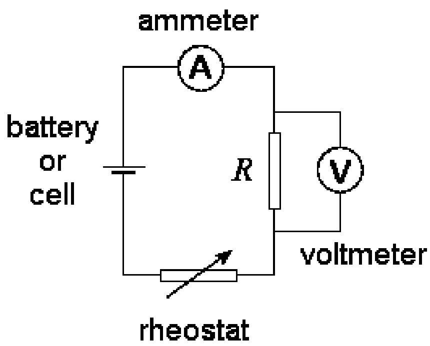
ب مراعاتها عند إستخدام جهاز الأميتر :-

لجهاز على التوالى بين النقط المراد قياس شدة التيار المار بها .
ب الشروط المذكورة مسبقا بجهاز الفولتميتر.
يوضح جهاز أميتر من النوع التناظرى له تدريجين و يقيس كلا من التيار المستمر والمتردد ويعمل على



شكل (٤- ٣أ) جهاز أميتر من النوع التناظرى

) يبين دائرة تخطيطية لتوصيل كل من الفولتميتر (voltmeter) على التوازى مع المقاومة (R)
amme) على التوالى مع الدائرة .



شكل (٤-٣ب) قياس المقاومة.



شكل (٤-٤) يبين وضع عملي لقياس الجهد الكهربى لمأخذ تيار(بريزة) تيار متردد

- ٣ - جهاز الآفوميتر : (AVO) METER

وميتر جهاز متعدد القياسات (Multimeter) سواء كان تناظرى أو رقمى وهو من أكثر اجهزة
ي مجال الإلكترونيات والكهرباء حيث أنة جهاز نقالى و يقيس الجهد وشدة التيار و المقاومة الكهربية
ة توجد أنواع بها إمكانية قياس سعة المكثفات واختبار الموحد و جودة الترانزستور . كما أنه يمتاز
م بالأضافة الي الدقة في القراءة وشكل (٤- ٥) أنواع مختلفة من أجهزةالآفوميتر



شكل (٤- ٥) أنواع مختلفة من أجهزةالآفوميتر التناظرى والرقمى

فية استعمال الآفوميتر :

ستعمال كل من الآفوميتر التناظرى والرقمى إلا في وسيلة الحصول على القراءة فالأول تكون قراءته
ـ يتحرك امام تدريج والثانى يعطى قيمة القراءة عددية على شاشة الجهاز .

- قياس الجهد :

DC

أن نغير مفتاح أختيار القياس (المعيار) الى أحد قيم قياس التيار المستمر DCV والذى يناسب الجهد
د قياسه .

ع طرف القياس المميز باللون الأحمر في منفذ قياس الأوم والفولت و طرف القياس المميز باللون الأسود
نفذ COM (المشترك) ، ويمكننا تحريك مفتاح اختيار القياس للحصول على أفضل قراءة بحسب قيمة
. فعلي سبيل المثال إذا كنا نقيس جهدا بحدود ١٥ فولت نضع مفتاح مدى القياس علي أكبر أقرب قيمة
١٠) فولت .

المتردد AC :

أن نغير مفتاح أختيار القياس (المعيار) الى أحد أماكن قياس التيار المتردد ACV والذى يناسب
المراد قياسه.

، أطراف التوصيل لن يتغير ونقوم بضبط مفتاح المدى علي أكبر أقرب قيمة للجهد المراد قياسة .

- ٢ - قياس شدة التيار :

: DC

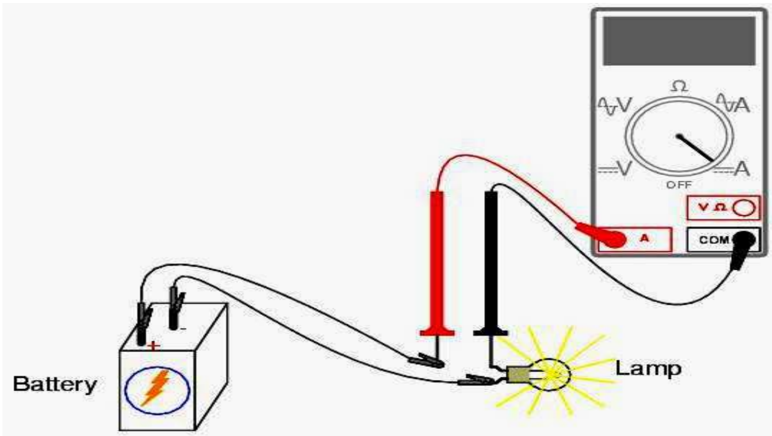
ن نغير مفتاح أختيار القياس (المعيار) الى أحد أماكن قياس التيار المستمر DCA والذى يناسب شدة
مراد قياسه .

طرف القياس المميز باللون الأحمر في منفذ قياس MA إذا كانت شدة التيار المراد قياسها أقل من 1A
زادت عن ذلك فيوضع في منفذ 10A (أو 20A بحسب نوع الجهاز) ، و طرف القياس المميز
لأسود في منفذ COM (المشترك) ، ويمكننا تحريك مفتاح اختيار القياس للحصول على أفضل قراءة
يمة شدةالتيار .

: AC

زة يمكنها قياس شدة التيار المتردد وتتبع نفس الخطوات مع وضع مفتاح أختيار القياس علي ACA بدلاً
.

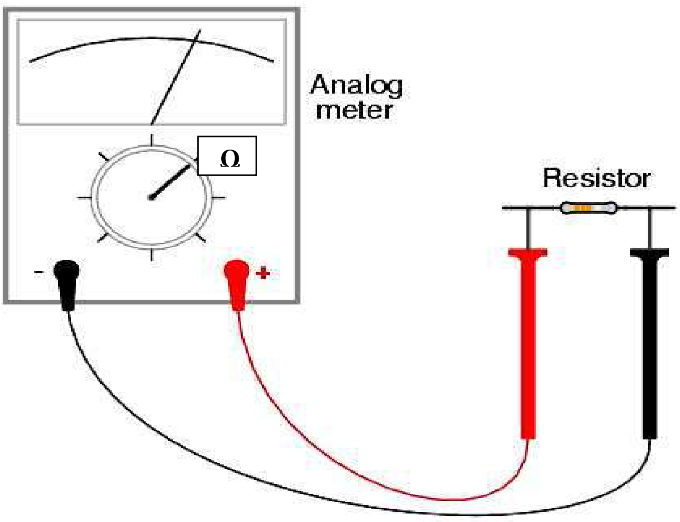
ر المار في دائرة كهربائية كل ماعليك هو ان تفتح مسارا في الدائرة الكهربائية لتضع فيه طرفي الاميتر
سيل على التوالى) والشكل (٤ – ٦) يوضح كيفية قياس شدة تيار مارة تتكون من مصباح كهربى



شكل (٤ - ٦) يوضح كيفية استخدام جهاز الآفوميترلقياس شدة تيار دائرة كهربية.

<u>- قياس المقاومة :-</u>

تاح أختيار القياس (المعيار) الى أحد أماكن قياس المقاومة التي أمامها الرمز (Ω) كما يوضع أحمر في منفذ قياس الأوم والفولت والطرف الأسود في منفذ COM (المشترك) ، وفي حالة ظهور ط علي الشاشة في الأجهزة من النوع الرقمى يعنى ذلك ان قيمة المقاومة المراد قياسها أعلى من القيمة ستعمال مفتاح اختيار القياس . عند ذلك يجب تحريك المفتاح الى وضع آخر بقيمة أعلى حتى تظهر لنا لشكل (٤ – ٧) يوضح كيفية قياس المقاومة .



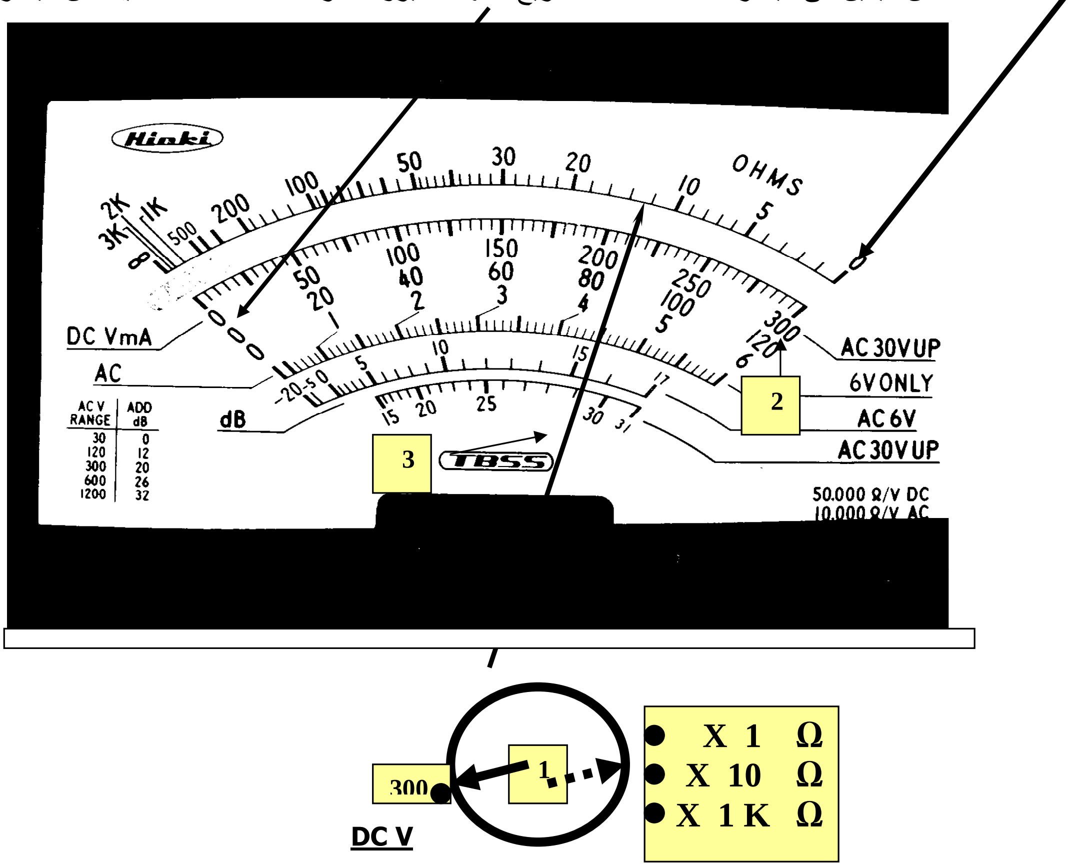
شكل (٤ – ٧) يوضح كيفية قياس المقاومة

– قراءة القيم المقاسه

ناظرية :

ه على الأجهزة التناظرية ليست مباشرة أى أن قراءة القيم التي يقف عليها مؤشر القياس لاتدل على جهد أو التيار أو الأوم هذا في حالة ماإذا كان الجهاز المستعمل له أكثر من مدى مثلا الجهاز الموضح) له أكثر من مدى ومفتاح الإختيار أو المعيار موضوع على المدى (300V) ويوجد ثلاثة تدريجات ، ١٢٠ ، ٦ وسوف نختار مدى (300)

أ من اليمين الى اليسار ← تدريج الجهد متغيرومستمر ACV & DCV يبدأ من اليسار →



مدى الموضوع علية مفتاح الإختيا ر **1** مقسوم على نهاية التدرريج الذى سوف نقرأعليه **2**

اءة المؤشر **3**

قراءة الجهاز $= \frac{300}{300}$ **215 x = 215 قولت**

علي قراءة الجهد والتيار متغير ومستمر .

م نفرض أننا غيرنا مفتاح المدى أو الأختيار إلي وضع الأوم **X10** كما بالشكل فتكون القراءة:

= قراءة المؤشر X المدى

= **14 X10 = 140 Ω**

ا مفتاح المدى علي **1K** لنفس وضع المؤشر تكون القراءة :

= **14 X1K = 14K Ω**

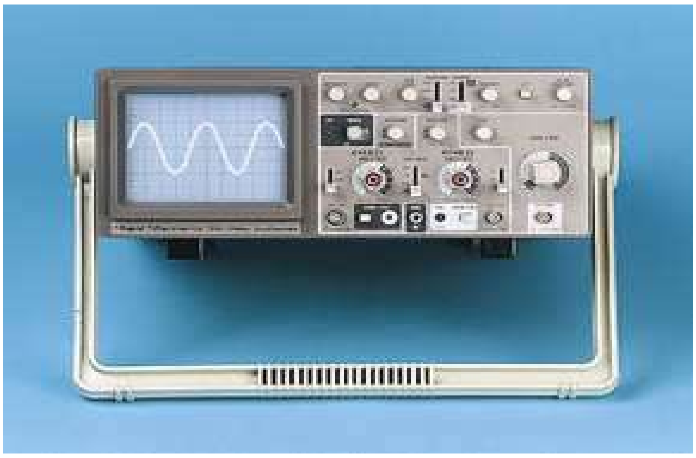
ى قراءة قيمة الجهد

على ١٢٥ على التدريج الذى ينتهى ب٣٠٠ وعلى٢٥ على التدريج الذى ينتهى ب ١٢٠ وعلى ٥ على هى ب ٦ ولكى نحصل على القراءة الحقيقية

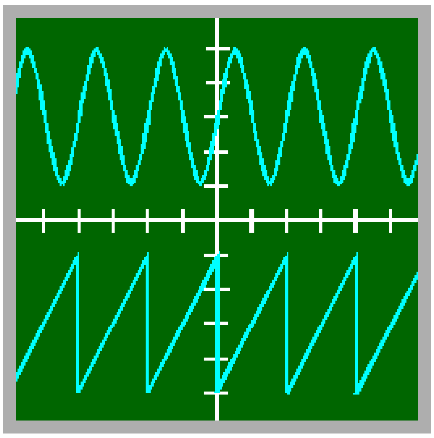
وسكوب :

ن أهم أجهزة القياس وإختبار الدوائر الإلكترونية حيث أنه يمكننا من رؤية الإشارات في نقاط متعددة من ستطيع اكتشاف إذا كان أي جزء يعمل بطريقة صحيحة أم لا. فالأوسيلوسكوب يمكننا من رؤية صورة شكلها فيما إذا كانت جيبية أو مربعة مثلا.

يوضح صورة الأوسيلوسكوب وقد تختلف الأشكال من جهاز إلى آخر ولكنها جميعاً تحتوي على أزرة ظيفة الأوسيلوسكوب هي عمل رسم للجهد والزمن حيث يمثل الجهد بالمحور العمودي و الوقت بالمحور (٤ – ٩) الذى يبين صورة لموجة جيبية وآخرى سن المنشار .



شكل (٤ – ٨) يوضح صورة الأوسيلوسكوب



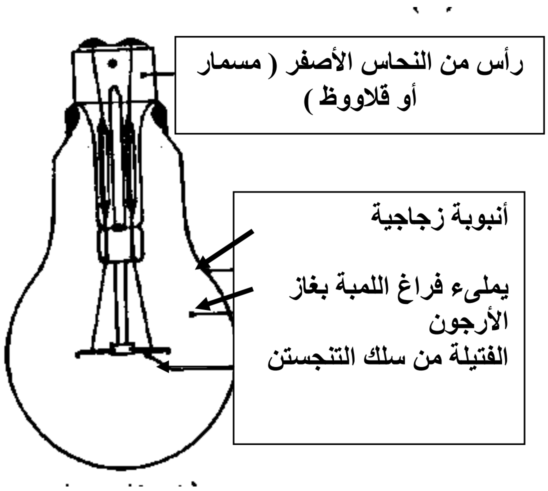
شكل (٤ - ٩) يبين صورة لموجة جيبية وآخرى سن المنشار

واع المصابيح الكهربية المستخدمة في الإضاءة :

الإضاءة الصناعية باستعمال اللمبات الكهربية بمختلف أنواعها وأشكالها وتعدد أساليب وطرق تشغيلها تهلك طاقة كهربية تحولها الى طاقة ضوئية . ويمكن تصنيف لمبات الاضاءة الكهربية إلى ثلاثة أنواع ب نظرية تشغيل كل منها ، وهى :-

لتوهج :

، في اختراعها الى العالم توماس اديسون في أواخر القرن التاسع عشر وقد أدخلت عليها تحسينات عديدة ، الماضية حتى وصلت الينا بهذه الصورة . شكل (٤- ١٠) يبين تركيب لمبة توهج .



شكل (٤- ١٠) يبين تركيب لمبة توهج

ار فى فتيلة التنجستن ترتفع درجة حرارته نظرا لمقاومته المادية الكبيرة إلى درجة التوهج . وسبب ة بغاز الأرجون الخامل لأنه يشكل غلاف على سلك التنجستن فيمنع إنقسامه وتبخره بارتفاع درجة هجه وبذلك يطول عمر تشغيل اللمبة ن وفى نفس الوقت يحافظ على عدم قتامة الغلاف الزجاجى للمبة

غ الكهربى :

لها تعتمد على مرور تيار كهربى بين قطبين مثبتين فى طرفى انبوبة من الزجاج وبداخلها غاز خاص أو بخار معدنى ، مما يعطى ضوءاً يختلف لونه بحسب نوع الغاز أو البخار المستعمل .

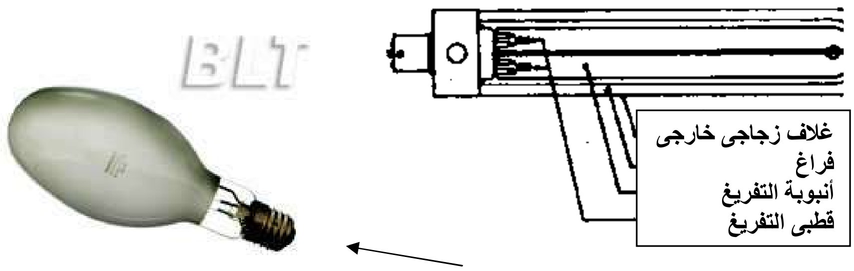
الصوديوم :

: من غلاف زجاجى يفصله عن أنبوبة التفريغ الملتوية فراغ ، وذلك للاحتفاظ بدرجة الحرارة داخل وحيث يوجد غاز النيون وقليلا من الارجون والصوديم الذى يتعلق على الجدران الداخلية لانبوبة التفريغ بة تتبخر في حالة اشعال القوس الكهربى عند توصيل التيار الكربى .

ببة عند التركيب بأجهزة اضافية خاصة تشتمل على الملف الخانق وعلى مكثف لتحسين معامل القدرة.

لمبة ضوءاً أحادى اللون مما يزيد حدة الابصار كما يزيد حساسية العين لفروق التباينات كما يوضح ابورة ، ولذلك يفضل استعمالها لاضاءة الطرق العامة والميادين .

، يبين لمبة بخار الصوديوم



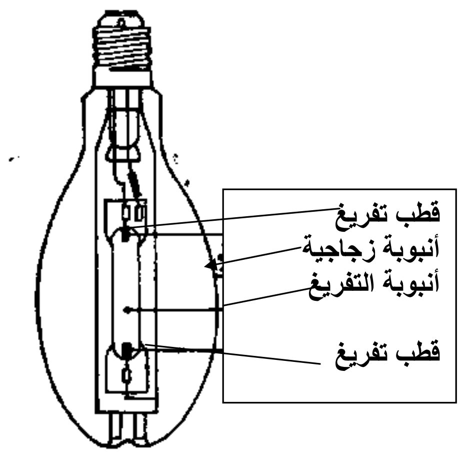
شكل (٤- ١١) يبين لمبة بخار الصوديوم

زئبق :

ن أمبوبة زجاجية وبداخلها أنبوبة آخرى ، تملأ الانبوبة الداخلية بغاز الارجون تحت ضغط منخفض بة بقطب خاص لبدء التشغيل . ومن المعتاد تفضيض هذه الانبوبة الداخلية من طرفيها بالقرب من . بالحرارة ، وكما تفرغ الانبوبة الخارجية من الهواء لمنع وجود مناطق يتكاثف بسببها بخار الزئبق هذه اللمبة بالملف الخانق والمكثف .

رج من هذه اللمبة أبيض ضارب إلى الزرقة المخضرة مما يغير من مظهر الاشياء مما يفضل معها لتوهج مما ينتج عنه في النهاية ضوءاً مقبولاً ، خاصة لتنسيق الفترينات بالمحال التجارية .

يبين تركيب لمبة بخار الزئبق



شكل (٤- ١٢) يبين تركيب لمبة بخار الزئبق

جين :

ى كمية عالية من الضوء ولذا تستخدم فى إنارة الملاعب الرياضية بوضعها على أبراج عالية لتركيز

ضية الملاعب .

يبين نوعين من لمبة الهيلوجين



شكل (٤- ١٣) يبين نوعين من لمبة الهيلوجين

سنت :

الفلورسنت مرحلة هامة في الاضاءة . فقد سمحت هذه اللمبات بالحصول على فعاليه ضوئية أعلى عدة لمات التوهج .

ورسنت من أنبوبة من الزجاج ينتهى كل من طرفيها بغطاء (طربوش) ذى مسمارين ويتصل كل غطاء كب داخل الانبوبة الزجاجية مصنوع من سلك التنجستين وجدارها الداخلى مدهون بمواد فلورسنتية ، وبة خليطا من غاز زئبقى وأرجون ذو ضغط منخفض . وبإمرار تيار كهربى بين القطبين الكهربيين ينتج غنى جداً بالاشعاع الفوق البنفسجى الغير مرئى . وان دور المواد الفلورسنتية المدهونة على الجدار تحويل الاشعاع الغير مرئى الى شعاع مرئى ثم يشعه فينتج الضوء .

اللمبة ببادىء تشغيل (starter) ، وملف خانق (Ballast) وقد يستعمل مكثف لتحسين معامل ٤-١٤) يبين بعض مقاسات لمبات الفلورسنت



شكل (٤-١٤) يبين مقاسات مختلفة من لمبات الفلورسنت

يبين بعض أشكال لمبات الفلورسنت الصغيرة القدرة والموفرة للطاقة
ذه اللمبات من ٥ وات الى ٢٦ وات



شكل (٤- ١٥) اللمبات الموفرة للطاقة

مواسير المستخدمة فى التركيبات الكهربية :

سير المستخدمة فى التركيبات الكهربية الى :

تك أو PVC طولية :-

تكون طولية وأطوالها حوالى ٣ متروبأقطار مختلفة تبدأمن ١١مم وهى مصنوعة من البلاستك أو من
كب هذه المواسير داخل الحوائط والنوع الجيد منها يركب خارج الحوائط عن طريق قفيزات مناسبة
١) يبين أحد هذه الأنواع



شكل (٤- ١٦) يبين أحد هذه أنواع المواسير الطولية

المرنة (الفلكسبل :

نة ذات أقطار تبدا أيضاً من١١مم وتنتج على شكل لفات بأطوال مختلفة ، وشكل (٤- ١٧) يبين أحد
المرنة



شكل (٤- ١٧)

م:

. نصف مرنة ذات أقطار تبدا أيضاً من١١مم وتنتج على شكل لفات بأطوال مختلفة وهذا النوع من للوضع داخل الأسقف والخراسانة المسلحة أثناء الصب لعمل ممرات للأسلاك.

١/) يبين أحد أنواع الخراطيم



شكل (٤- ١٨) يبين أحد أنواع الخراطيم

') يبين نوعا من المواسير الفلكسبل المعدنية والتى تستعمل في أغراض خاصة مثل التمديدات المتحركة

. '



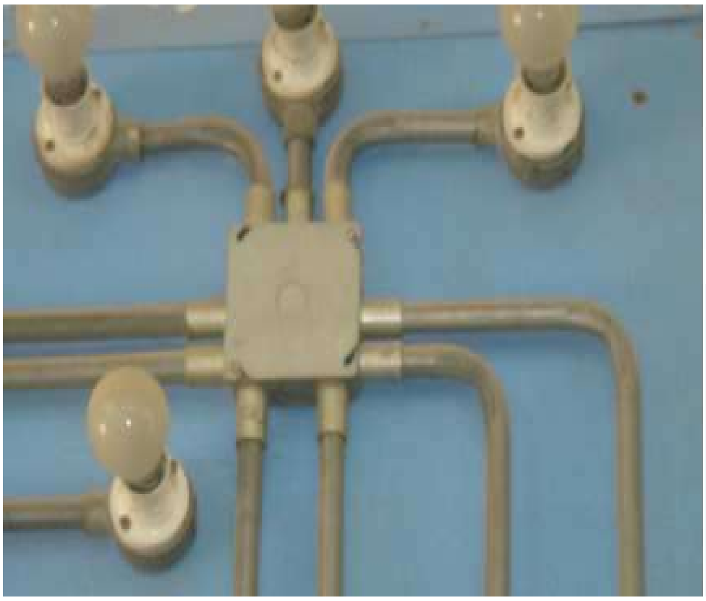
شكل (٤- ١٩) يبين نوعا من المواسير الفلكسبل المعدنية

ـ المعدنية :

الصلب وتكون ملساء من الداخل ولا يجوز أن تكون أطرفيها حادة أو مدببة وتطلى من الخارج لوقايتها

ـجد اكسسوارات مثل (أكواع - حرف T– الجلب ....) .

ـ الصلب في التمديدات الكهربية خارج الحوائط بقفيزات مناسبة لهذا الغرض في المصانع وجمالونات



شكل (٤- ٢٠) يبين المواسير المعدنية

ـ لإكساب الطلاب المهارات الأساسية في تنفيذ عدد من دوائر الإضاءة والأجراس :

ـ دوائر الإضاءة :

التمرين الأول

:

ح عادة بمفتاح مفرد

ـمرين :

على قراءة و رسم الدوائر (الخطية و التنفيذية) لدوائر الإضاءة الكهربية .

ـ على تقشير الأسلاك ووصلها وتجهيزها للتوصيل بالأدوات .

على توصيل الأسلاك بالأدوات الكهربية المستخدمة .

على توصيل دائرة لمبة عادية بفتاح عادة مفرد .

ـبة :

ـاس مصمت معزول ١مم ٢ ألوان .

مساعدة (شريط لحام - مسمار كلبس – مسمار برمة ....) .

اللازمة :

	العدد والأدوات	م	العدد والأدوات
	مصباح بالدويل الخاص به	٢	مفتاح عادة
	علبة مفتاح + بوات	٤	لوحة خشبية
	زرادية بيد معزولة	٦	قصافة
	قشارة سلك	٨	مفك بيد معزولة مناسب
	مفك إختبار (تست)	١٠	جاكوش

لتمرين :

يد أماكن الأدوات على اللوحة الخشبية حسب الدائرة التنفيذية الموضحة بالرسم .

لأسلاك حسب الأطوال المناسبة وتثبت فى أماكنها على اللوحة الخشبية .

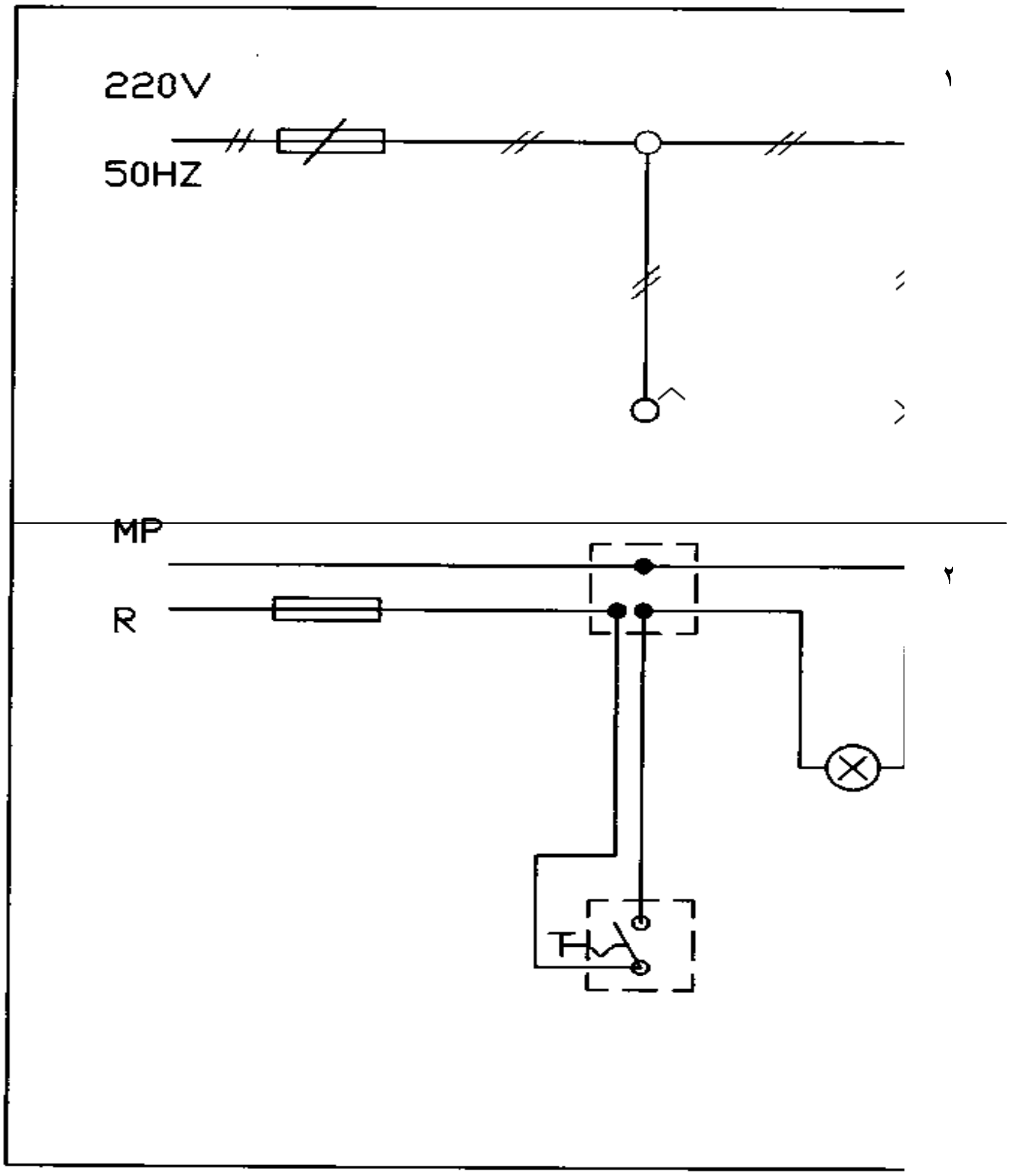
أسلاك بواسطة القشارة وتربط في أماكنها في قاعدة اللمبة ونقط توصيل المفتاح .

ت حامل المصباح والمفتاح في الأماكن المحددة لها على اللوحة الخشبية .

لدائرة للتأكد من سلامة وصحة التوصيل .

الدائرة بالمصدر المناسب في وجود مدرس الفرقة

ا يبين الدائرة التنفيذية والتصميمية لتوصيل مصباح عادة بمفتاح مفرد .



شكل (٤- ٢١) دائرة مصباح بمفتاح مفرد

١ - الدائرة الخطية   ٢ - الدائرة التنفيذية

التمرين الثاني

:

ح عادة بمفتاح مفرد وبريزة

تمرين :

، على كيفية توصيل دائرة مصباح بمتاح مفرد وبريزة .

وبية :

حاس مصمت معزول ١مم ٢ ألوان .

مساعدة (شريط لحام - مسمار كلبس – مسمار برمة ....)

، الازمة :

	العدد والأدوات	م	العدد والأدوات
	ح بالدويل الخاص به	٢	مفتاح عادة
	يار (بريزة)	٤	لوحة خشبية
	فتاح + بوات	٦	قصافة
	ة بيد معزولة	٨	مفك بيد معزولة مناسب
	سلك	١٠	جاكوش
	ختبار (تست)		

التمرين :

ديد أماكن الأدوات على اللوحة الخشبية حسب الدائرة الخطية الموضحة بالرسم .

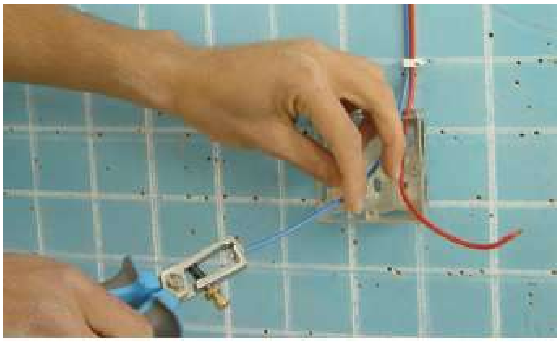


الأسلاك حسب الأطوال المناسبة وتثبت فى أماكنها على اللوحة الخشبية .



ن علبة المفتاح وعلبة البريزة على اللوحة الخشبيةبمسامير البرمة .

أسلاك بواسطة القشارة وتربط في أماكنها في قاعدة اللمبة ونقط توصيل المفتاح .



ن حامل المصباح والمفتاح والبريزة في الأماكن المحددة لها على اللوحة الخشبية .

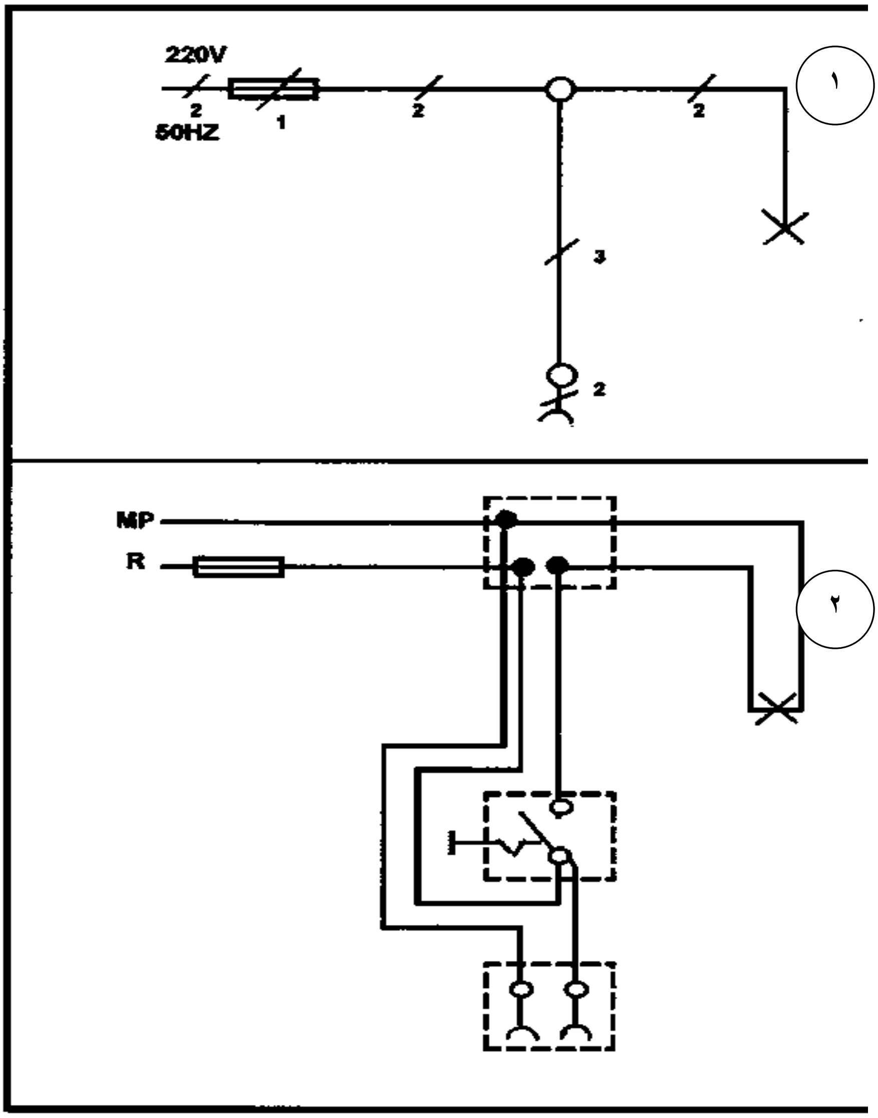


الدائرة للتأكد من سلامة وصحة التوصيل .

الدائرة بالمصدر المناسب في وجود مدرس الفرقة .

ار البريزة بواسطة توصيل حمل كهربى بها (مصباح كهربى) .

ا يبين الدائرة الخطية و الدائرة التنفيذية الدائرة لتوصيل مصباح عادة بمفتاح مفرد وبريزة .



شكل (٤- ٢٢) دائرة يبين توصيل مصباح عادة بمفتاح مفرد وبريزة

٢ - الدائرة الخطية ٢ - الدائرة التنفيذية

التمرين الثالث

:

حين على التوالى بمفتاح مفرد

تمرين :

ى توصيل دائرة لمبتين على التوالى ودراسة خصائصها .

وبة :

اس مصمت معزول ١مم ٢ ألوان .

مساعدة (شريط لحام - مسمار كلبس – مسمار برمة ....) .

وات الازمة :

	العدد والأدوات	م	العدد والأدوات
	د ٢ مصباح بالدويل الخاص بهما	٢	مفتاح عادة
	علبة مفتاح + بوات	٤	لوحة خشبية
	زرادية بيد معزولة	٦	قصافة
	قشارة سلك	٨	مفك بيد معزولة مناسب
	مفك إختبار (تست)	١٠	جاكوش

التمرين :

حديد أماكن الأدوات على اللوحة الخشبية حسب الدائرة التنفيذية الموضحة بالرسم .

الأسلاك حسب الأطوال المناسبة وتثبت فى أماكنها على اللوحة الخشبية

الأسلاك بواسطة القشارة وتربط في أماكنها في قاعدة اللمبتين ونقط توصيل المفتاح .

يت حوامل المصابيح والمفتاح في الأماكن المحددة لها على اللوحة الخشبية

ر الدائرة للتأكد من سلامة وصحة التوصيل .

ل الدائرة بالمصدر المناسب في وجود مدرس الفرقة

٢٣) الدائرة الخطية - الدائرة التنفيذية يبين الدائرة التنفيذية والتصميمية لتوصيل مصباحين على التوالى رد .

صيل الدائرة بمصدر مناسب للتيار الكهربى نلاحظ أن الضوء الصادرمن كل منهما أقل منه في حالة ، مصباح بمفتاح ، نصف الضوء تقريباً (في حالة تساوى قدرات المصابيح) لكل منهما ، وبقياس فرق على كل مصباح نجده نصف الجهد الكلى (أيضاً في حالة تساوى قدرة المصباحين) .

د المصباحين مرة بقدرة أكبر ومرة بقدرة أقل وقس فرق الجهد في كل مرة ، ماذا تلاحظ ؟ . دون اتك .

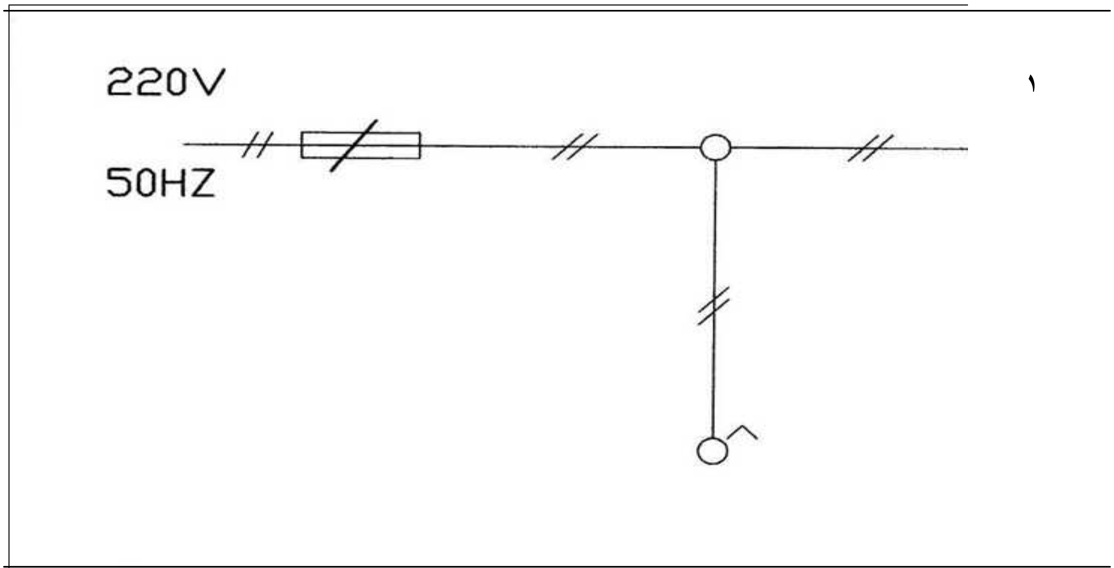
ن شدة التيار المارة في الدائرة وفي كل مصباح ، تلاحظ أن القراءة متساوية ؛ أى أن شدة التيار ثابتة في أى مكان بالدائرة .

من هذا أنه في حالة التوصيل على التوالى ينقسم الجهد على أحمال الدائرة بنسب مقاومات الأحمال ؛ أما يكون ثابتاً .

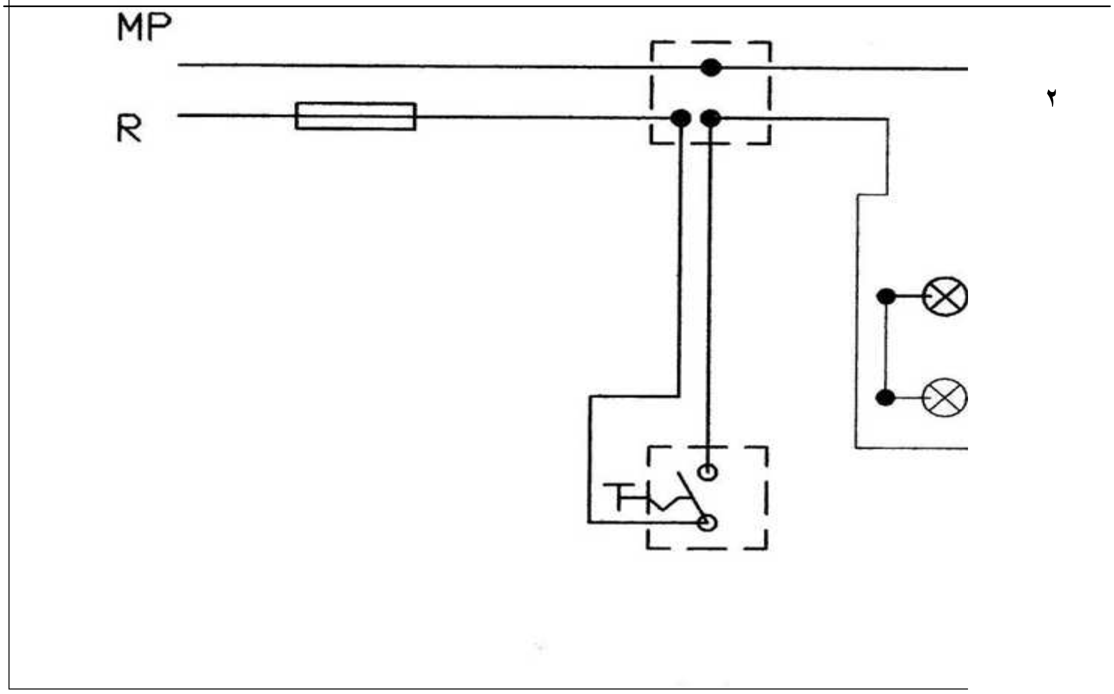
ث عطل في أحد المصابيح (تلف الفتيلة أو رفع المصباح من الدويل) يقطع مرور التيار الكهربى فلا للمبة الآخرى .

يصا على توصيل الفولتميتر بالتوازى مع الحمل والأميتر بالتوالى ، كما تم شرحه فى الباب السابق .

١



٢



شكل (٤- ٢٣) دائرة توصيل مصباحين على التوالى بمفتاح مفرد .

٢ - الدائرة الخطية   ٢ - الدائرة التنفيذية

التمرين الرابع

:

حين على التوازى بمفتاح مفرد

لتمرين :

ى توصيل دائرة لمبتين على التوازى ودراسة خصائصها .

وية :

نحاس مصمت معزول ١مم ٢ ألوان .

ى مساعدة (شريط لحام - مسمار كلبس – مسمار برمة ....) .

ى الازمة :

العدد والأدوات	م	العدد والأدوات	
مفتاح عادة	٢	٢ مصباح بالدويل الخاص بهما	
لوحة خشبية	٤	فتاح + بوات	
قصافة	٦	ة بيد معزولة	
مفك بيد معزولة مناسب	٨	سلك	
جاكوش	١٠	ختبار (تست)	

التمرين :

يد أماكن الأدوات على اللوحة الخشبية حسب الدائرة التنفيذية الموضحة بالرسم .

أسلاك حسب الأطوال المناسبة وتثبت فى أماكنها على اللوحة الخشبية .

سلاك بواسطة القشارة وتربط في أماكنها في قاعدة كل من اللمبتين ونقط توصيل المفتاح .

ت حوامل المصابيح والمفتاح في الأماكن المحددة لها على اللوحة الخشبية .

دائرة للتأكد من سلامة وصحة التوصيل .

ل الدائرة بالمصدر المناسب في وجود مدرس الفرقة .

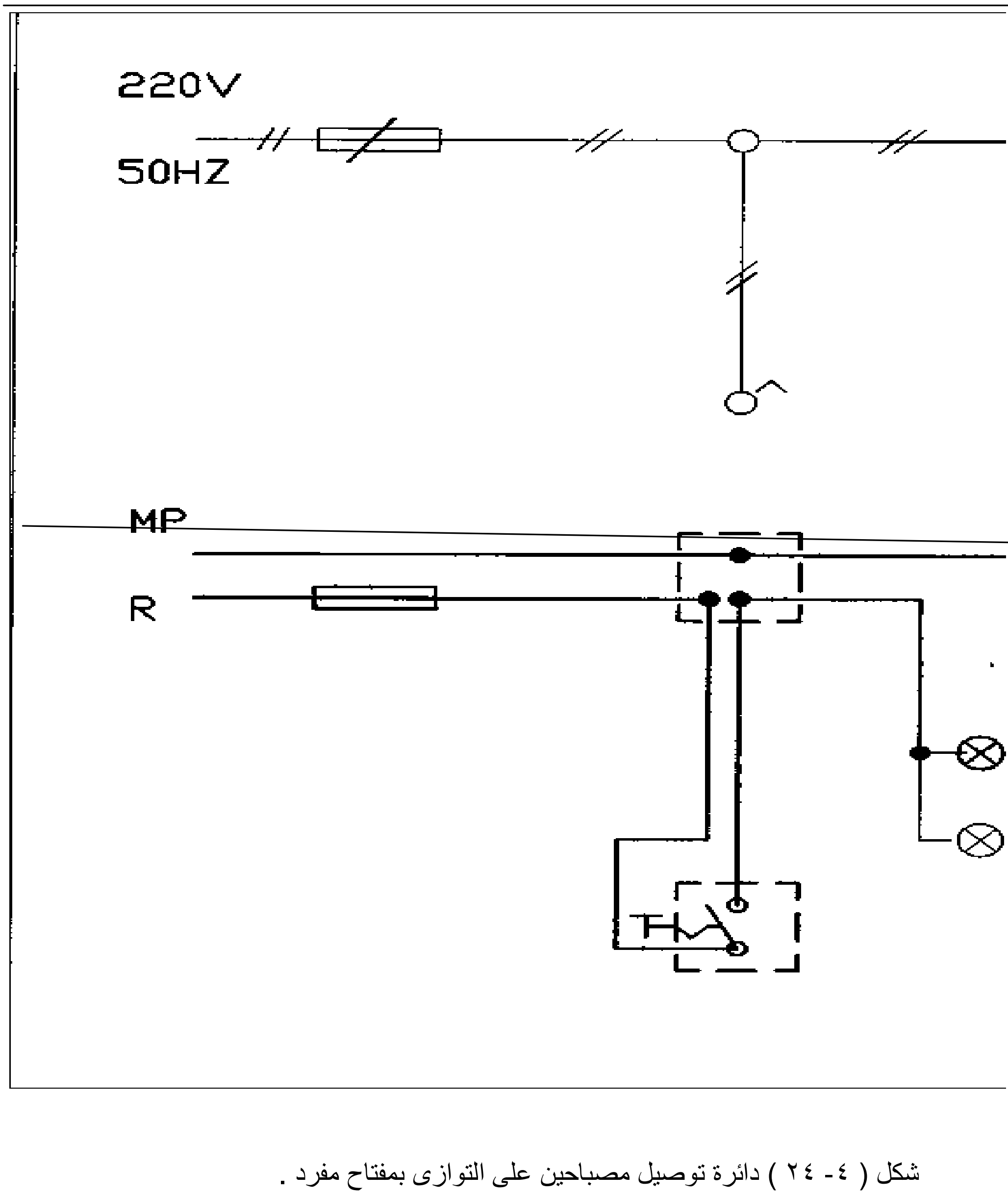
٢٤) الدائرة الخطية - الدائرة التنفيذية يبين الدائرة التنفيذية والتصميمية لتوصيل مصباحين على التوازى .

سيل الدائرة بمصدر مناسب للتيار الكهربى نلاحظ أن الضوء الصادرمن كل مصباح مناسب لقدرته .
ل فرق الجهد نلاحظ أن الجهد على كل مصباح يساوى جهد المنبع .
د المصباحين مرة بقدرة أكبر ومرة بقدرة أقل وقس فرق الجهد في كل مرة ، ماذا تلاحظ ؟ . دون
ى .

ل شدة التيار المارة في الدائرة وفي كل مصباح ، تلاحظ أن القراءة غير متساوية وأن مجموع التيار المار
ين يساوى التيار الكلى للدائرة .
ن هذا أنه في حالة التوصيل على التوازى يكون الجهد على أحمال الدائرة ثابت ؛ أما التيار فيكون بقيم
ع قدرة كل مصباح ويتساوى في حالة نساوى القدرة لكل من المصباحين .

، عطل في أحد المصابيح (تلف الفتيلة أو رفع المصباح من الدويل) يظل الآخر مضئ .

صا على توصيل الفولتميتر بالتوازى مع الحمل والأميتر بالتوالى ، كما تم شرحه فى الباب السابق .



١

٢

شكل (٤ - ٢٤) دائرة توصيل مصباحين على التوازى بمفتاح مفرد .

٢ - الدائرة الخطية ٢ - الدائرة التنفيذية

التمرين الخامس

:

ح كهربى يتم التحكم به من مكانين مختلفين بواسطة مفتاح ذو سكتين (مفتاح ديفاتور أو طرف سلم)

تمرين :

ى توصيل دائرة مصباح كهربى يتم التحكم به من مكانين مختلفين.

وبة :

نحاس مصمت معزول ١مم ٢ ألوان .

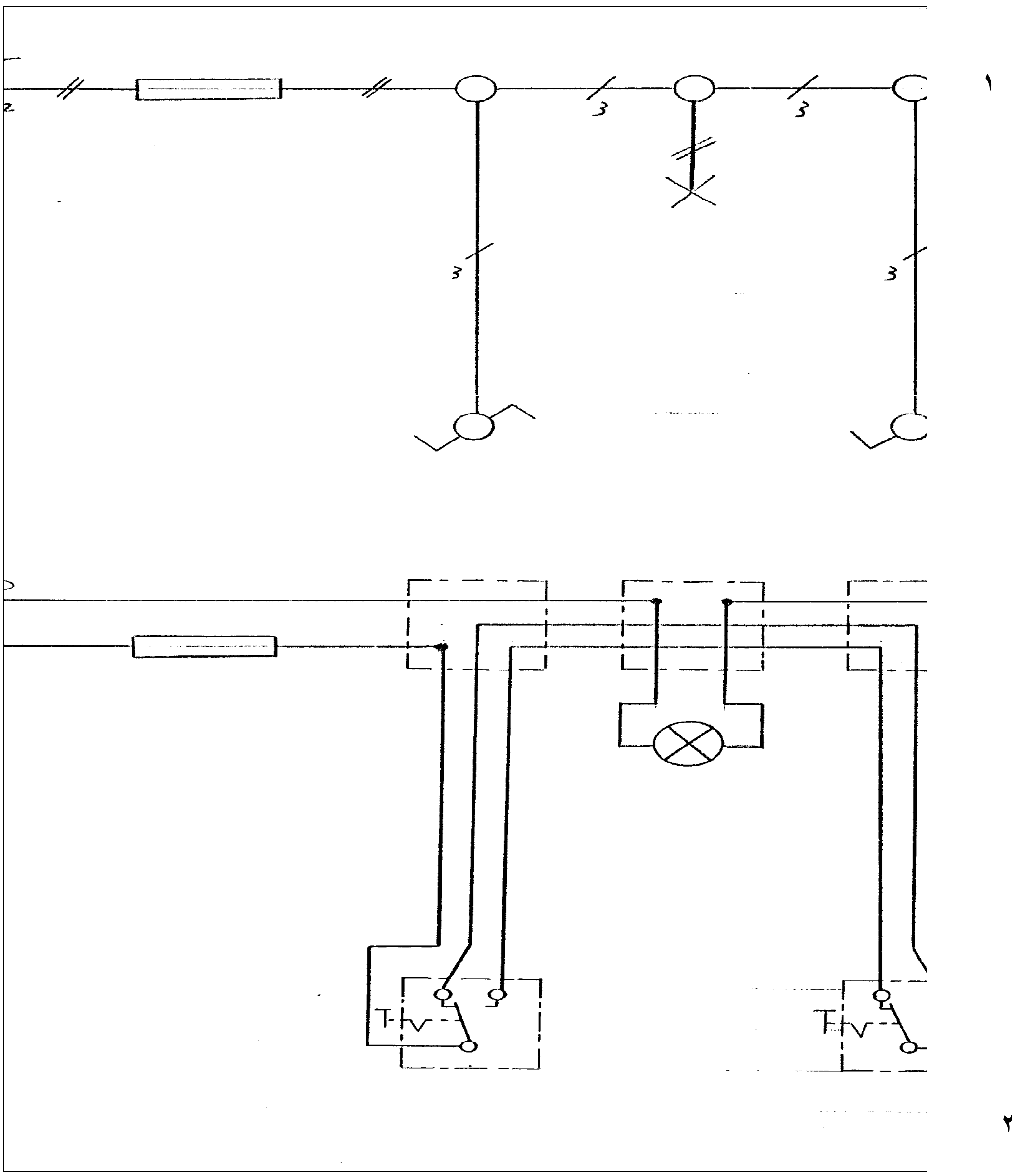
ت مساعدة (شريط لحام - مسمار كلبس – مسمار برمة ....) .

، الازمة :

بعد أن قمت باجراء عدداً من التمارين المختلفة بنجاح فقد اكتسبت كثيراً من المهارات التى تؤهلك لكيفية
ناسب منها حسب نوع التمرين والادوات المختلفة .

بة :-

بالدويل الخاص به .
مفتاح ذو سكتين (ديفاتور) .
علبة مفتاح .
بوات .
، الدائرة الخطية - الدائرة التنفيذية لمصباح كهربى يتم التحكم به من مكانين



شكل (٤- ٢٥) دائرة مصباح كهربى يتم التحكم به من مكانين

٢ - الدائرة الخطية ٢ - الدائرة التنفيذية

التمرين السادس

:

ن

ارين :-

على توصيل جرس بضاغط يعمل مباشرة على منبع التيار المتغير ٢٢٠ فولت وجه واحد .

على توصيل جرس بضاغط عن طريق محول خفض .

على توصيل جرس بضاغطين من مكانين مختلفين .

بية :

حاس مصمت معزول ١مم ٢ ألوان .

ت مساعدة (شريط لحام - مسمار كلبس – مسمار برمة ....) .

ة :

ولت – جرس جهده يناسب خرج محول الخفض – محول خفض – عدد ٢ ضااغط جرس –

ة :

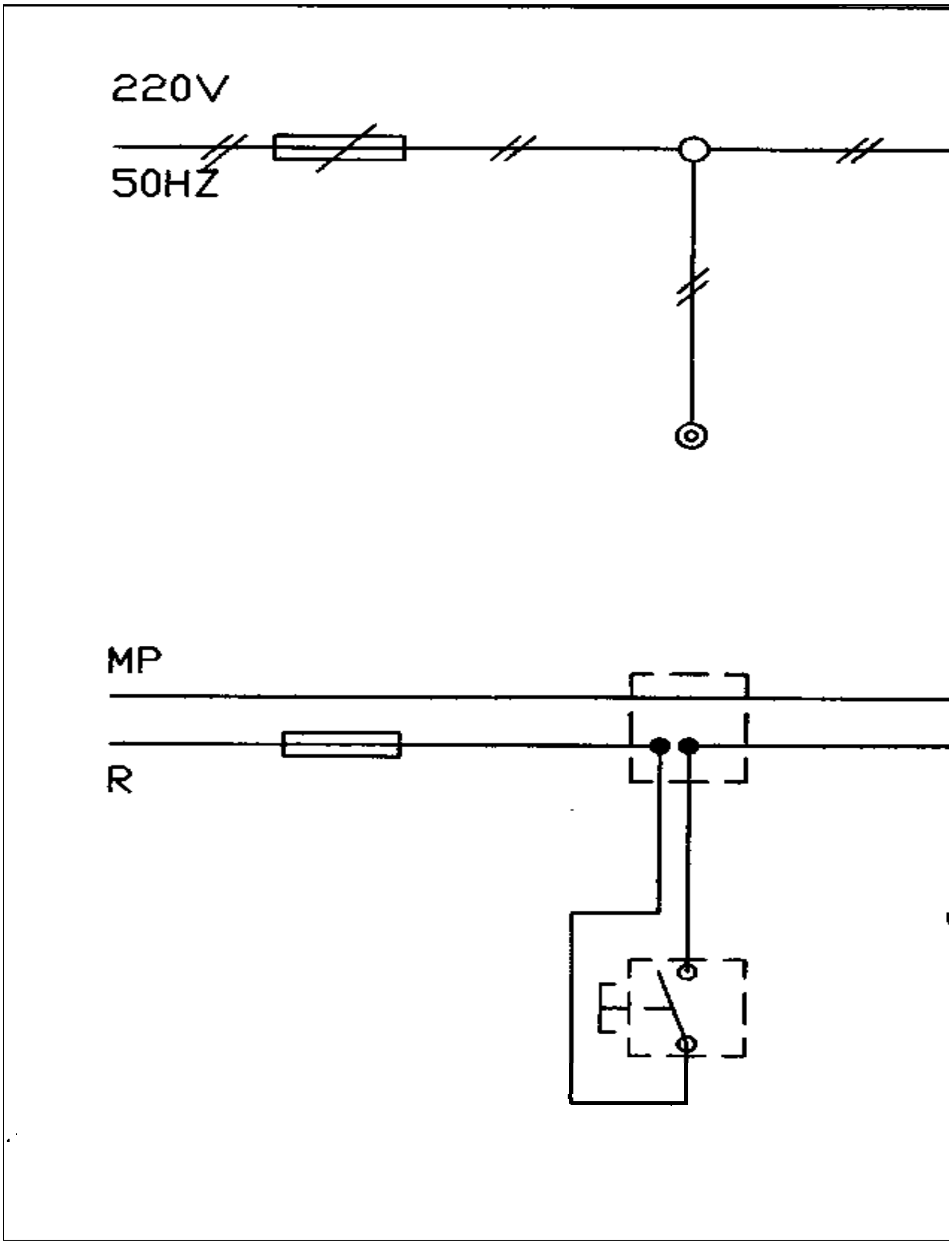
لرق تنفيذ التمارين السابقة ولكن قد تختلف عنها في نوعية الأدوات الكهربية وطرق توصيلها وتثبيتها .

إختبار وتجربة دوائر الأجراس الآتية كما هو مبين بالأشكال الآتية :

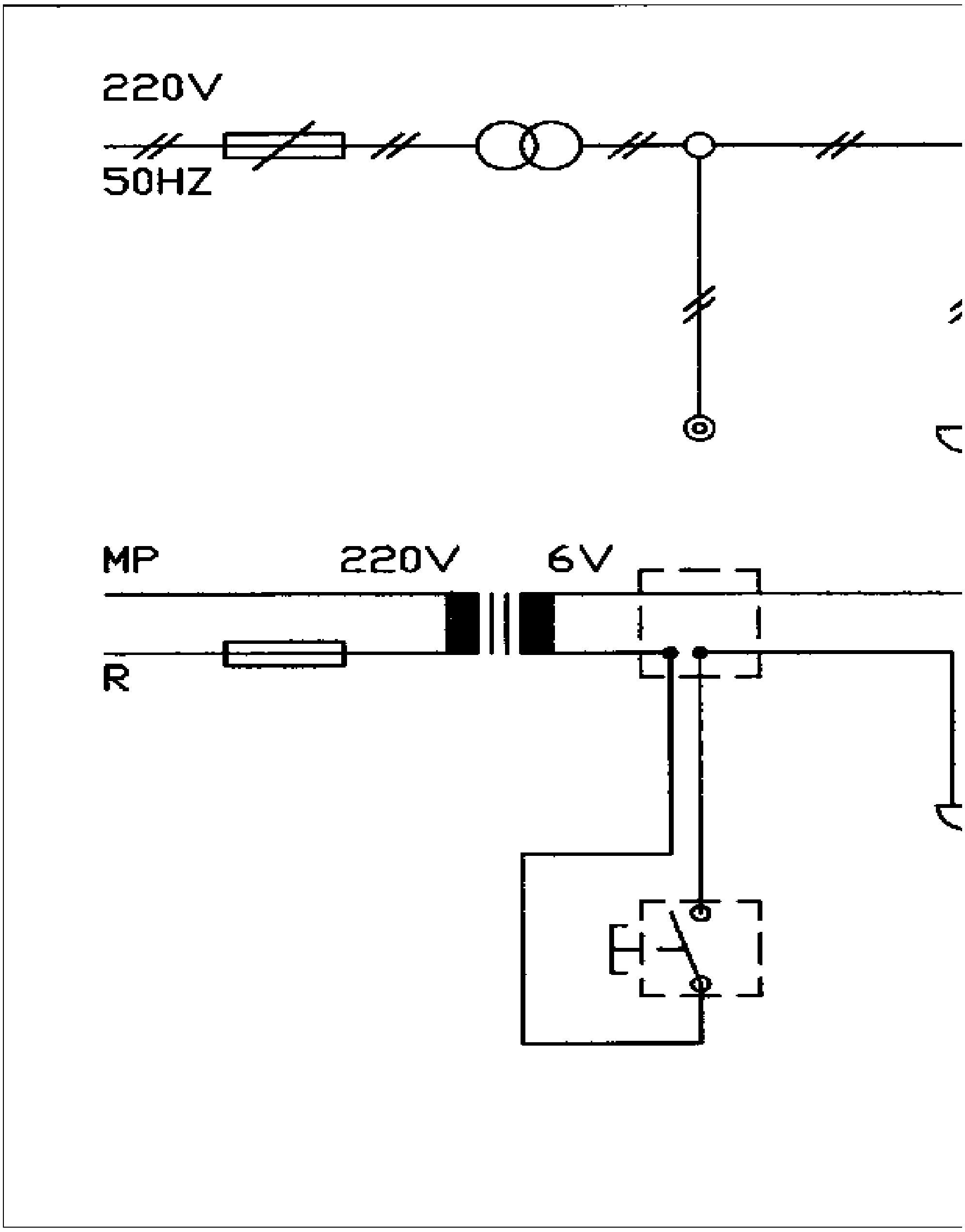
صيل جرس بضاغط يعمل مباشرة على منبع التيار المتغير ٢٢٠فولت شكل (٤-٢٦)

صيل جرس بضاغط عن طريق محول خفض . شكل (٤-٢٧)

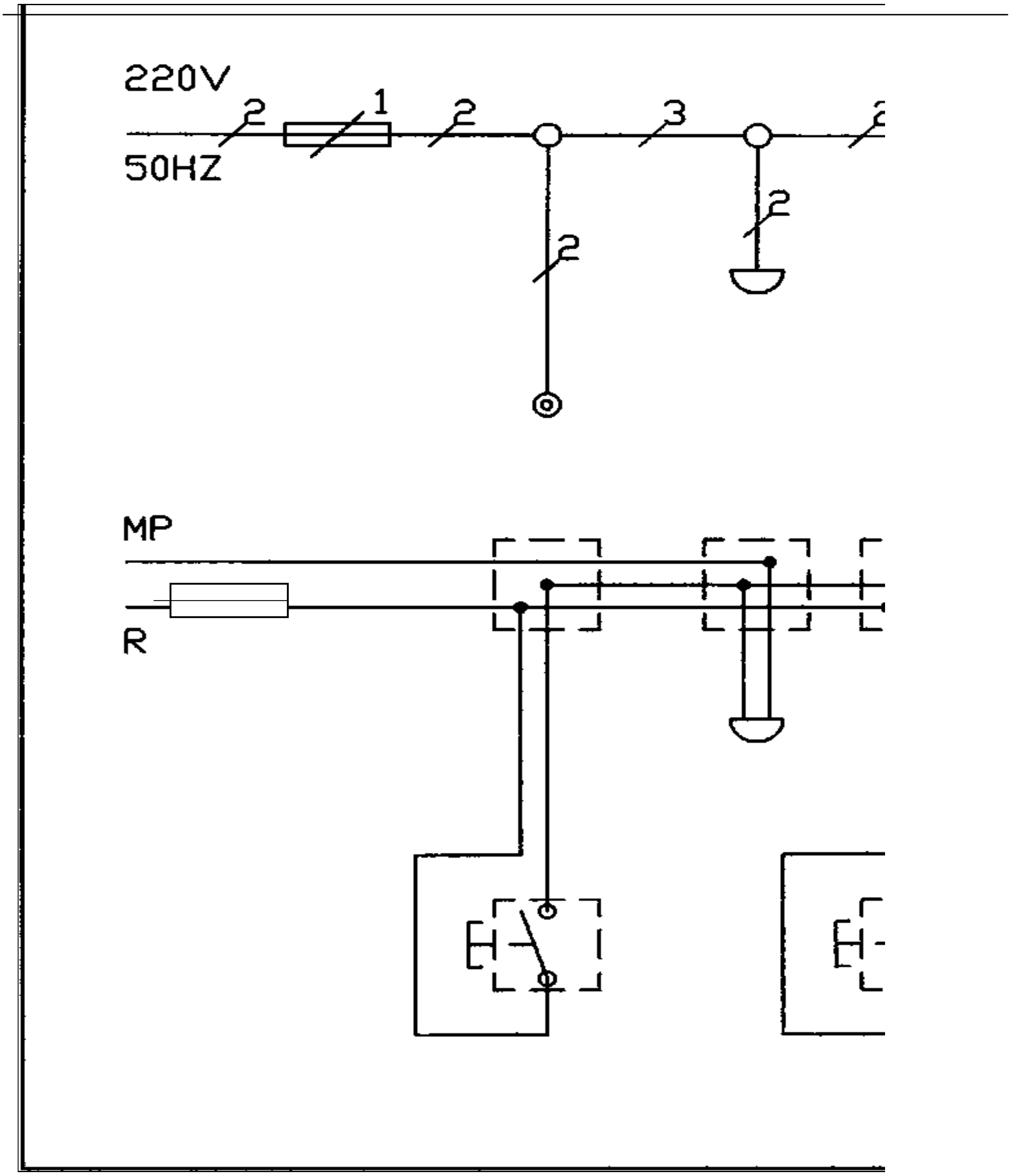
صيل جرس بضاغطين من مكانين مختلفين . شكل (٤-٢٨)



شكل (٤- ٢٦) دائرة توصيل جرس بضاغط يعمل علي جهد 220V



شكل (٤-٢٧) دائرة توصيل جرس بضاغط يعمل جهد 6V بمحول خفض 220/6V



شكل (٤-٢٨) دائرة توصيل جرس بضاغطين من مكانين مختلفين

الباب الخامس

العناصر الإلكترونية

رونية

وائر الإلكترونية من عناصر (مكونات) موصلة معاً حسب تصميم هذه الدوائر ، ويقوم كل عنصر بدور ة . ومن هذه العناصر المقاومات – المكثفات – الملفات – المحولات – ثنائي الدايود - ثنائي الزينر – ايرستور – الترياك – الدياك – المقاومة الضوئية – الثنائي الضوئي – الترانزستور الضوئي – الخلية ئر المتكاملة – شاشة الإظهار الرقمي – اللوحة المطبوعة (البرنتد) .

ة الكهربية :

ت في الدوائر الإلكترونية إما للتحكم في قيمة التيار المار بالدائرة أو للتحكم في قيمة الجهدعن طريق
تنقسم المقاومات إلى نوعين أساسيين :-
ناومات الخطية وتنقسم إلى مقاومات ثابتة ومقاومات متغيرة .
ومات غير خطية وتنقسم إلى ثلاثة أنواع :
المقومات الحرارية Thermistors ، وهذه المقاومات نوعان :
مقاومات ذات معامل حراري سالب NTC ؛ تقل قيمة المقاومة بزيادة الارتفاع في درجة حرارتها .
مقاومات ذات معامل حراري موجب PTC ؛ تزداد قيمتها زيادة عالية خلال ارتفاع محدود لدرجة

مقاومات ضمن دوائر الحماية من ارتفاع درجة حرارة المعدات والآلات الكهربية والإلكترونية.
– ١ : المقاومات الضوئية photoresistor وتتغيرقيمتها حسب كمية الضوء الساقط عليها .
– ٢ : المقاومات المعتمدة على الجهد VDR .

مة وفقاً لثلاثة مقننات هامة جداً هي :

يمة المقاومة : وهي بالأوم (Ω) أو كسرالأوم ، أو بالكيلو أوم (k Ω) ، او الميجا أوم (M Ω)

هي أقصى انحراف مسموح به عن القيمة المقننة للمقاومة ويعبر عنة بنسبة مئوية من القيمة المقننة

ة المقاومة : هي القدرة القصوى التى تبددها المقاومة في صورة حرارة والقدرة المفقودة في المقاومة ضرب مربع شدة التيار المار بها في قيمتها .

مقاومة الثابتة : لها أنواع كثيرة نذكر منها :

ربونية : وتصنع من خليط من الكربون والسيراميك بنسب معينة تحدد قيمة المقاومة ، وتصنع على مثبت به أسلاك توصيل من النحاس . وتتراوح قيمة هذه المقاومات من كسر الأوم الى ١٠٠ ميجا أوم مقاومات في الدوائر ذات القدرات الصغيرة .

لسلكية : تصنع هذه المقاومات بلف عدد من لفات السلك المصنوع من سبيكة خاصة مثل الفضة الألمانية ، كروم ، وتلف هذه اللفات على دليل تشكيل وتغطى لفات السلك بطبقة من المينا أو طبقة رقيقة من م هذه المقاومات في الدوائر ذات القدرات االعالية .

شائية : وتصنع عن طريق نثر غشاء متجانس من مادة ذات مقاومة عالية حول سطح قضيب اسطوانى ، المقاومات (مقاومة الغشاء الكربونى - مقاومة الغشاء السميك - مقاومة الغشاء الرقيق)

رفة قيمة المقاومات :

المقاومات بطرقتين :

لمقاومة على جسم المقاومة .

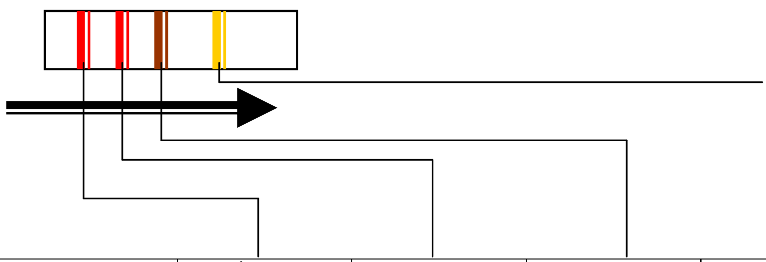
لكود الأنجليزى وفيه يرمز للاوم بالحرف(R) وللكيلو بالحرف (K) ومن الأمثلة علي ذلك :

(0.18) أوم تكتب : (R18)	(1) كيلو أوم تكتب : (1 k0)
(1) أوم تكتب : (1R0)	(68) كيلو أوم تكتب : (68 k)
(3,9) أوم تكتب : (3R9)	(1) ميجا أوم تكتب : (1 M0)
(47) أوم تكتب : (47R)	(22) ميجا أوم تكتب : (22M)
(100) أوم تكتب : (100R)	(120) ميجا أوم تكتب : (120M)

موز اللونية كود الألوان (شفرة الألوان) تكون مرسومة على جسم المقاومة .

للاحية لألوان المقاومات : يقسم الرقم الذي يمثل قيمة المقاومة إلى ثلاثة أجزاء ، ويمثل كل جزء بأحد ن الرابع - إن وجد – فيعبر عن التفاوت المسموح به من قيمة المقاومة كنسبة مئوية ، وفي حالة عدم ، ذلك أن التفاوت المسموح به 20% جدول (٥-١) يوضح قيم ألوان المقاومة .

وضع المقاومة أثناء القراءة



اللون	الحلقة الأولى	الحلقة الثانية	الحلقة الثالثة	الرابعة
	الرقم الأول	الرقم الثانى	عدد الأصفار	لخطأ %
Black أسود	صفر	صفر	بدون أصفار	-
Brown بنى	1	1	0	1
Red أحمر	2	2	00	2
Orange برتقالى	3	3	000	-
Yellow أصفر	4	4	0000	-
Green أخضر	5	5	00000	-
Blue أزرق	6	6	000000	-
Purple بنفسجى	7	7	0000000	-
Gray رومادى	8	8	-	-
white أبيض	9	9	-	-
Gold ذهبى	-	-	0.1×	5
Silver فضى	-	-	0.01×	10
بدون لون	-	-	-	20

جدول (٥-١) يوضح شفرة الألوان يستخدم في حساب قيم المقاومات

تقدير قيمة المقاومة R3 شكل (٥-١) باستخدام الجدول السابق



شكل (٥-١)

، المقاومة نجد أن

ول بنى = 1

انى أسود = 0

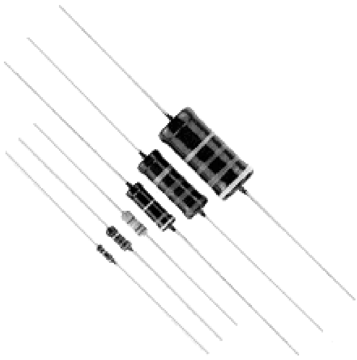
الث بنى = 0

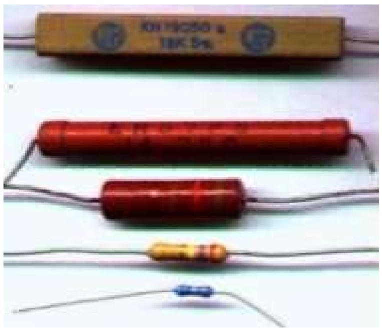
ابع ذهبى = نسبة التفاوت 5%

ة المقاومة = 100 Ω

٥ - ١) المطلوب وضع الوان المقاومة R2 التي قيمتها 330Ω بنسبة تفاوت 10 %

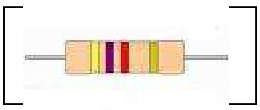
يبين بعض أشكال المقاومات . .



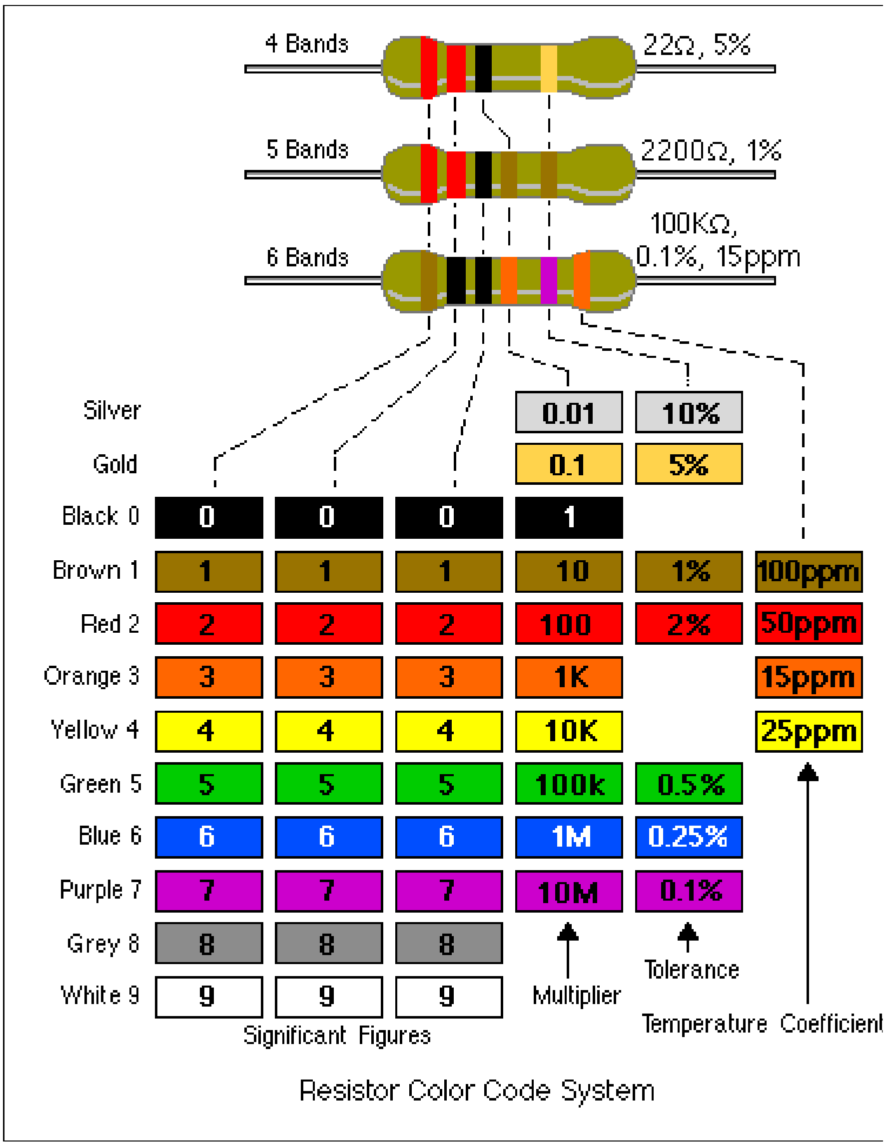


شكل (٥-٢) بعض أشكال المقاومات

: احسب قيمة المقاومة الموضحة بالشكل المقابل



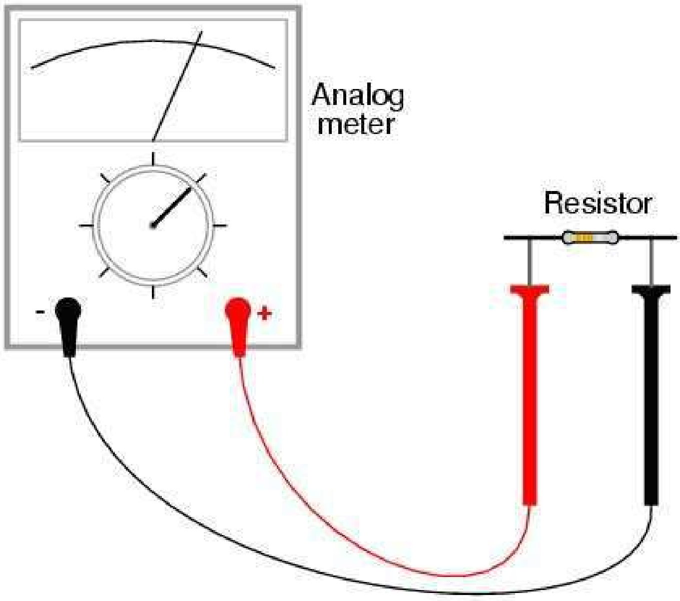
لمعرفة قيمة المقاومة باستخدام كود (شفرة) الألوان للمقاومات ٤، ٥ ، ٦ ألوان. شكل (٥ – ٢)



شكل (٥-٢) يبين طريقة توضيحية بالألوان لمعرفة قيمة المقاومة .

ة اختبار المقاومة

أما أن تكون مفتوحة أو سليمة ونـادرا مـا تغير المقاومـة الكربونيـة قيمتهـا ،وشكل (٥-٣) يوضـح كيفيـة ـمة .



شكل (٥-٣) يوضح كيفية قياس حالة المقاومة

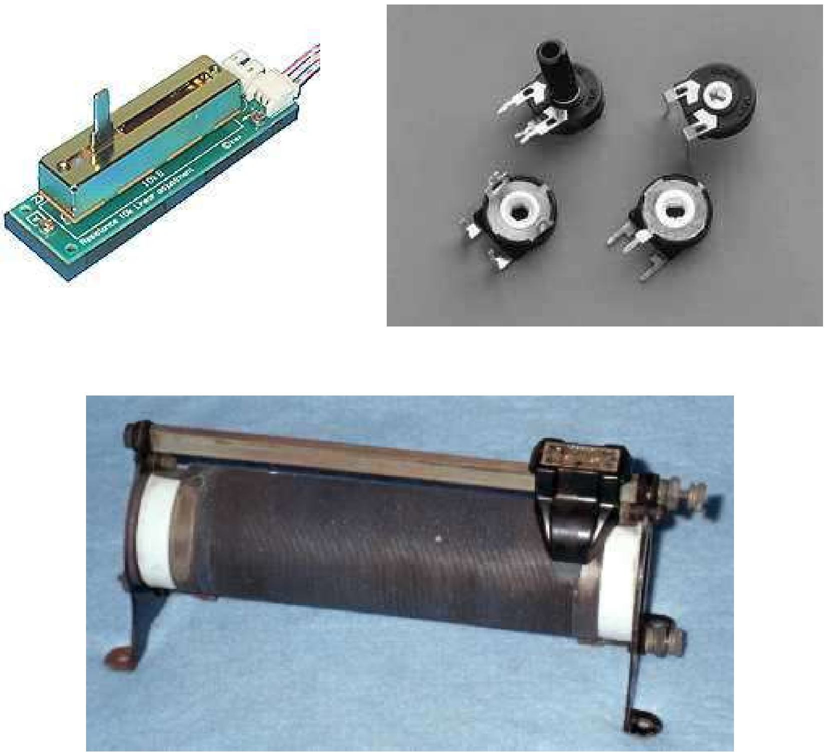
ن نجد أن مؤشر جهاز الآفوميتر التناظرى قد انحرف معطيـاً قيمـة ، أقرأ هذه القيمـة وقارنهـا مـع القيمـة ـانها ونسبة التفاوت .

ـ المؤشر فهذا دليل على أن المقاومة مفتوحة (أحرص على وضع تدريج الأوم عند أكبر قيمة له ؛ ثم قلله

ومة المتغيرة :

مكن تغير قيمتها بين الصفر وأقصى قيمة لها (القيمة المقننة) ، وتتركـب فـي أبسط صـورها من قرص ـلصق عليه طبقة من الكربون (أوسلك ذو مقاومة عاليـة ملفوف حول اسطوانة من مصنوعة من مـادة القدرات الكبيرة) ، زراع يتحرك دائرياً أو طولياً على طبقة الكربـون أو لسلك الملفوف ليعطـى قيمـاً .

ين بعض أشكال المقاومات الكربونية والسلكية المتغيرة .



شكل (٥-٤) بعض أشكال المقاومات الكربونية والسلكية المتغيرة

ثفات :

كوين يمكنه تخزين الطاقة الكهربية ، ويتركب في أبسط صوره من لوحين من المعدن يفصلهما وسط

م مواد عازلة منها : الهواء ، الورق المشبع بالزيت ، بعض أنواع من البلاستك ، الميكا ، السيراميك ،

..

السعة والجهد ونوعه (AC or DC) الذى لايجب أن يزيد عن الجهد المقنن حتي لايتسبب ذلك في تلف

التالي تلف المكثف ،

c) بأنها مقدرة المكثف على تخزين الشحنة الكهربية وتتوقف على :

اللوحين .

بين اللوحين .

سط العازل .

الوحدات المستعملة في قياس السعة :

كثف بالفاراد ؛ ولكن عملياً تعتبر هذه الوحدة كبيرة جداً لذا تستخدم وحدات صغيرة هي :

10^{-6} F = μF

10^{-9} F = nF

10^{-12} F = PF

المكثفات من أقل من واحد بيكو فاراد إلى عدة آلاف من الميكروفاراد ، أما جهد التشغيل فالمقصود به بين لوحي المكثف يمكن أن يتحملها الوسط العازل دون أن ينهار

أنواع المكثفات :

١- المكثفات الثابتة :

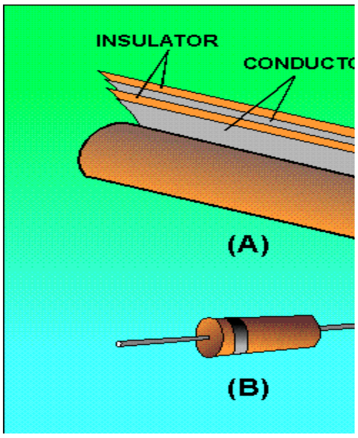
ى هذه المكثفات تبعاً لنوع الوسط العازل مثل :- المكثف الورقي - مكثف الميكا – مكثف السيراميك –

.

١-١ - المكثف الورقي :

قائق من ألواح معدنية معزولة بطبقات من الورق المشبع بالزيت .وتتراوح سعته من 0.0001 إلى وجهد تشغيله من حوالى 100 إلى 10000V . تستخدم المكثفات الورقية في تطبيقات الترددات ستخدم فى الترددات العالية . شكل (٥-٥) يبين تركيب وأشكال بعض المكثفات الورقية

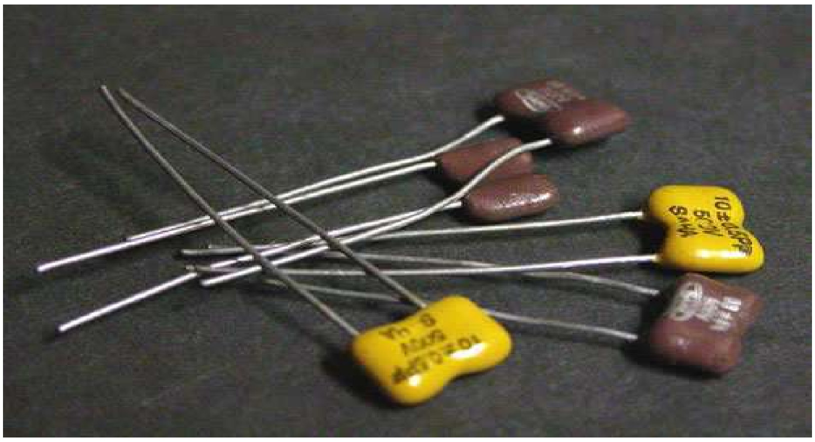




شكل (٥-٥) تركيب وأشكال بعض المكثفات الورقية

١- ٢ - مكثف الميكا:

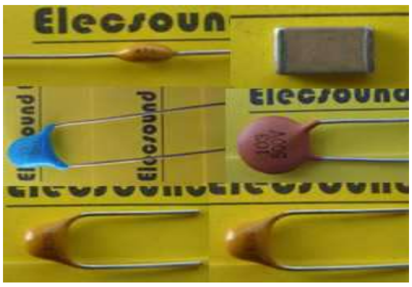
ِقائق من الفضة توضع بينها ألواح عازلة من الميكا ثم تغطى بطبقة من الشمع . وتتراوح سعة هذه
p 10 إلى 1000pF وتتحمل جهوداً حتى 10000V . تستخدم مكثفات الميكا في مجال تطبيقات
مثل دوائر التوقيت . شكل (٥-٦) يبين بعض أشكال مكثفات الميكا .



شكل (٥-٦) بعض أشكال مكثفات الميكا

١- ٣- مكثف السيراميك :

لنوع من المكثفات من أنبوبة من السيراميك أو الخزف مغطاة من الداخل والخارج بطبقة من الفضة ،
ِ الفضة بدور لوحي المكثف والأنبوبة بدور العازل ثم تغطى الأنبوبة بطبقة عازلة لحماية المكثف من
هذه المكثفات بصغر حجمها وتستخدم في تطبيقات الترددات العالية .
ين بعض أشكال مكثفات السيراميك .



شكل (٥-٧) بعض أشكال مكثفات السيراميك

١ - ٤ - المكثفات الكيميائية :

يميائى من قطب من الألومنيوم يمثل القطب الموجب ومن مادة كيميائية (ألكتروليتية) ملفوفة على

، أما المادة العازلة فهى طبقة رقيقة من أكسيد الألومنيوم .

ا قطبية محددة وتميز الأقطاب :

طب الموجب. أو اللون الأحمر وبعلامة (-) للقطب السالب أو اللون الأسود ويوجد أنواع منها تعمل

د ، وهذه الأنواع ليس لها قطبية وقد تصل سعات هذه المكثفات إلى قيم كبيرة .

ماهى الشروط التى يجب اتباعها عند شراء وتركيب مكثف :

سعة المكثف و جهده ونوع التيار الذي يعمل علية (تيارمستمر أو متردد).

وعية المكثف (ورقى - سيراميك - الكتروليتى ......الخ) .

راعاة القطبية (للمكثفات ذات القطبية المحددة) وإلا تعرض المكثف للأنفجار.

٨) يبين بعض أشكال المكثفات الكيميائية .



شكل (٥-٨) بعض أشكال المكثفات الكيميائية

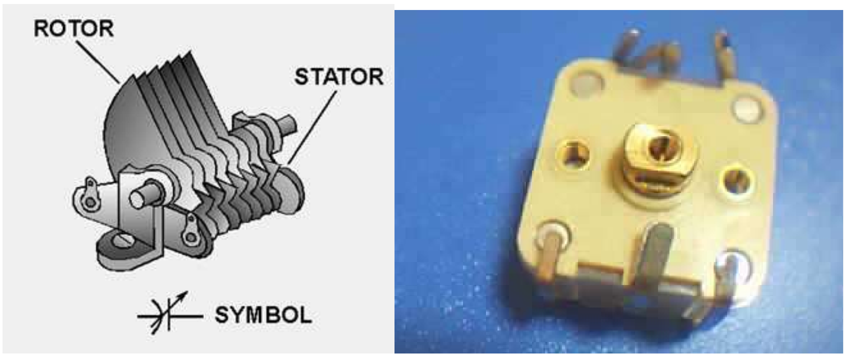
ى نلاحظ أن القطب السالب مميز بعلامة (-) ، كذلك الطرف السالب هو الطرف الأقل طولاً .

<u>المكثفات المتغيرة السعة :</u>

ات المتغيرة من مجموعتين من الألواح أحدهما ثابت والآخر متحرك والوسط العازل بينهما هو الهواء ،

ف كلما تغيرت مساحة الألواح المتداخلة إلى أن تصل إلى أقصى قيمة لها أو تصل في الاتجاه العكسي

شكل (٥-٩) يبين شكلين من أشكال المكثفات المتغيرة .



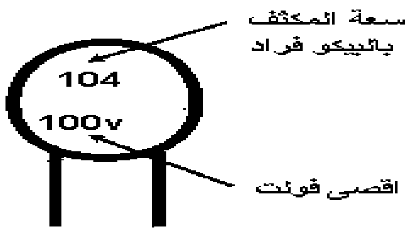
شكل (٥-٩) يبين شكلين من أشكال المكثفات المتغيرة

ثفات يكتب عليها أرقام وهذه الأرقام متفق عليه دوليا لتحديد قيمة سعة المكثف والجهد الأقصى لتشغيله

مبين بشكل (٥-٩أ) موضح عليه الرقم 104 والرقم 100 v

1 أن الرقم 10 أمامه أربعة أصفار أى 100000 بوحدات البيكوفاراد

100 = 100,000 pf والجدول (٥- ١) يوضح حساب بعض قيم المكثفات



بشكل (٥-٩أ)

ميكروفاراد	نانو فاراد	بيكو فاراد	رمز المكثف
0.0001µF	0.1n*	100pF	101
0.00022µF	0.22n (n22)	220pF	221
0.001µF	1n (1n0)	1,000pF	102
0.0033µF	3.3n (3n3)	3,300pF	332
0.01µF	10n	10,000pF*	103
0.047µF	47n	47,000pF*	473
0.1µF (µ1	100n	100,000pF*	104
0.82µF	820n	820,000pF*	824
1.0µF	1000n*	1,000,000pF*	105

جدول (٥- ١) يوضح حساب بعض قيم المكثفات

اختبار المكثفات :

تصيب المكثفات هي

صر ٢- مكثف مفتوح ٣- تغيير قيمة المكثف

طريقة الاختبار :

هاز الآفوميتر الرقمي أو التناظري إجراء الخطوات التالية :

تاح الاختيار على أقصى قيمة للأوم

قصر على طرفي المكثف لتفريغ الشحنة ((كن حريصا من شدة تفريغ الشحنة خصوصاً في المكثفات

ات والجهود العالية))

ف المجس الأحمر على الطرف الموجب للمكثف (وذلك في المكثف ذات القطبية) ، والطرف الأسود

ف السالب للمكثف

ة واحدة من الثلاث حالات الآتية :

ثم تقل هذه القراءة تدريجياً أو يتحرك مؤشر الجهاز التناظرى إلى قصى قيمة ثم يعود تدريجياً إلى
يدل ذلك على عدم وجود قصر بالمكثف ولكن لايدل تماماً على أن السعة سليمة
ك المؤشر إلى القيمة العظمى ولم يرجع إلى وضع الصفر ، دل ذلك على وجود قصر بالمكثف ويجب
س المواصفات .
ك المؤشر في الجهاز التناظري أو يعطى قراءة في الجهاز الرقمي ، دل ذلك على وجود فتح بالمكثف
.
السعة ، بعض أجهزة الآفوميتر الرقمية يوجد بها إمكانية قياس سعة المكثف حتى ٢٠ ميكروفاراد ، فإذا
ف المراد قياسها في حدود تدريج الجهاز . يضبط الجهاز على التدريج المناسب ويوضع طرفي المكثف
بية إن وجدت في الأماكن المحددة لها ، وسوف يعطى الجهاز قراءة تقارن مع سعة المكثف تحت
مدى صلاحيته .

ات :

ات الحث وتستخدم كثيرا في الدوائر الكهربية والإلكترونية . تتركب الملفات من عدد من لفات سلك على فورمة عازلة وقد يكون قلب هذا الملف هوائي أو رقائق الحديد أو من الفرايت Ferrite .
تعتمد على إذا مر تيار كهربي في موصل ينشأ حوله مجال مغناطيسي ، وتعرف قابلية الملف لأنتاج مي بالحث الزاتى له ووحدة قياسها الهنرى والتى هي وحدة كبيرة أشتقت منها الوحدات الآتية :-

$$10^{-3}\ H = mH$$

$$10^{-6}\ H = \mu H$$

لعوامل التي يتوقف عليها حث الملف :

ت الملف .
لب .
مقطع القلب .
والمسافة بين اللفات .

طريقة الاختبار :

فو ميتر لفحص الملف وذلك بوضع مفتاح الاختيار علي الأوم ونوصل طرفي الملف بطرفي الجهاز وإذا ما لانهاية دل ذلك على أن الملف مفتوح ويمكن أن يكون الملف مقصور بسب انهيار العزل ويقرأ مفر اوم
يبين عدة أشكال من الملفات .



شكل (٥-١٠) عدة أشكال من الملفات

حولات :-

ول لتحويل التيار المتردد من جهد إلى جهد أعلى أو أقل بنفس التردد .

من ملفين بينهما ترابط مغناطيسى يسمى الملف المتصل بالمصدر الكهربي بالملف الابتدائي أما الملف الحمل فيسمى بالملف الثانوي وهو الملف الذي يؤخذ منه الجهد ، ويلف الملفان على قلب من شرائح ي أو قلب من برادة الحديد أو الهواء ويعتمد ذلك على تردد التيار المتغير المستخم و القلب هو الذي ل (محول ذو قلب حديدى للترددات المنخفضة - محول ذو قلب فرايت للترددات العالية و المتوسطة - وائى للترددات المنخفضة العالية جدا مثل الموجات اللاسلكية)

ن المحولات :-

الرافع ؛ وفيه عدد لفات الملف الثانوي أكبر من عدد لفات الملف الابتدائي ويكون جهد الخرج في هذا أكبر من جهد الدخل .

الخافض؛ وفيه عدد لفات الملف الثانوى أقل من عدد لفات الملف الابتدائي ويكون جهد الخرج في هذا أصغر من جهد الدخل .

ـ نظرية عمل المحولات ذات الجهود والقدرات العالية المستخدمة في شبكات نقل الطاقة الكهربية عن ت ذات الجهود والقدرات الصغيرة جدا .

يبين أشكال مختلفة للمحولات المستخدمة في مجال الإلكترونيات .



أشكال مختلفة للمحولات المستخدمة في مجال الكهرباء و الإلكترونيات

. اختبار صلاحية المحول :

ىلاحية المحول الكهربي عن طريق الآفوميتر بوضع مفتاح الاختيار في وضع الأوم في أقل تدريج وإذا ؤخذ الأكبر مباشرةً وهكذا ، وتقاس مقاومة أحد الملفين ثم الملف الأخر (القراءة الصغيرة هي لملف ، والقراءة الكبيرة هي لملف الجهد الأكبر). ثم يحول مفتاح الاختيار آلي أعلى قيمة للأوم ثم يختبر لفين (الابتدائي والثانوي) فإذا وجدت قراءة دل ذلك على تلف المحول ، ثم تكرر بين كل طرف من وجسم المحول ولابد من عدم وجود أى قراءة ويمكن استخدام جهاز الميجر لذلك.

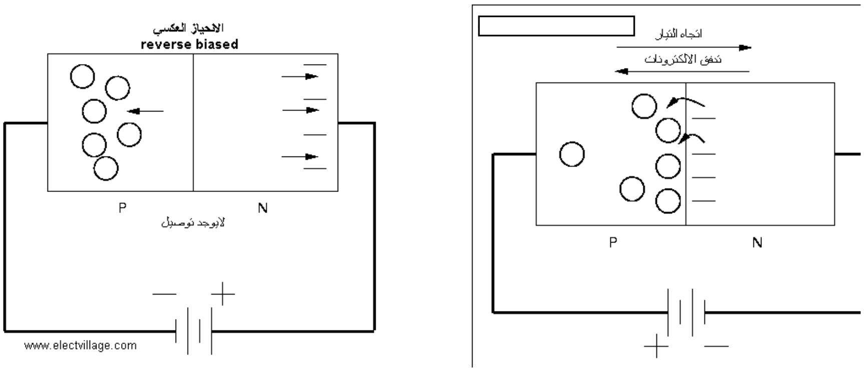
ائي (الدايود) Diode :

أن هناك مواد موصلة للكهرباء وأخرى عازلة أنه توجد مواد بينهما تسمى المواد نصف الموصلة أو شبه ث تكون الالكترونات الموجودة في المدارات الخارجية للذرات غير مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بنواتها كما في عازلة وهي ليست مفككة حرة عن نواتها كما في حالة المواد الموصلة . من أمثلة المواد شبه الموصلة السيليكون بعد إضافة بعض الشوائب إليهما تستخدم هذه المواد في صناعة الثنائيات والترانزستور .

صر مثل الزرنيخ أو الانتيمون لبلورة الجرمانيوم النقية نحصل على بلورة سالبة ويرمز لها بالرمز -N إذا أضيف عنصر مثل الجاليوم أو الأنديوم لبلورة الجرمانيوم فنحصل على بلورة موجبة ويرمز لها P-ty عند التصاق بلورة من النوع الموجب ببلورة من النوع السالب نحصل على بلورة مزدوجة وتسمى نائية (P-N) وبهذه الطريقة تصنع أشباه الموصلات ، الذي تتميز بأنها سهلة التصنيع وصغيرة الحجم

- خواص الثنائيات :

صية هامة وهى إمرار التيار الكهربي في اتجاه واحد فقط (الثنائي في حالة انحياز الأمامي) ولا يسمح اه المعاكس (الثنائي في حالة انحياز عكسي) ، لذلك فهو يستخدم بكثرة في توحيد التيار المتردد (لذلك ه هو الموحد) . شكل (٥-١٢) يبين كل من الانحياز الأمامي والانحياز العكسي وهيئة توزيع جوات (مكان شاغر نتيجة لفقد إلكترون) .

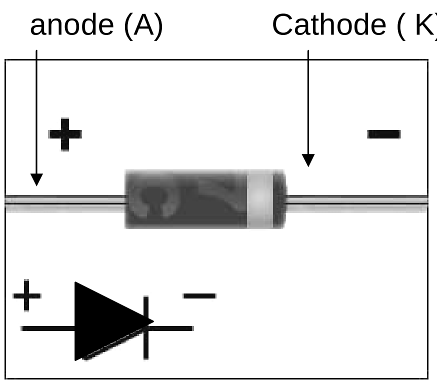


انحياز عكسي

ز أمامي

شكل (٥-١٢)

شكل (٥-١٣) يبين شكل من أشكال الدايود (الثنائي) والرمز المتفق عليه .



رمز الدايود

شكل (٥-١٣) شكل من أشكال الدايود (الثنائي) والرمز المتفق عليه .

- <u>طريقة اختبار الدايود :</u>

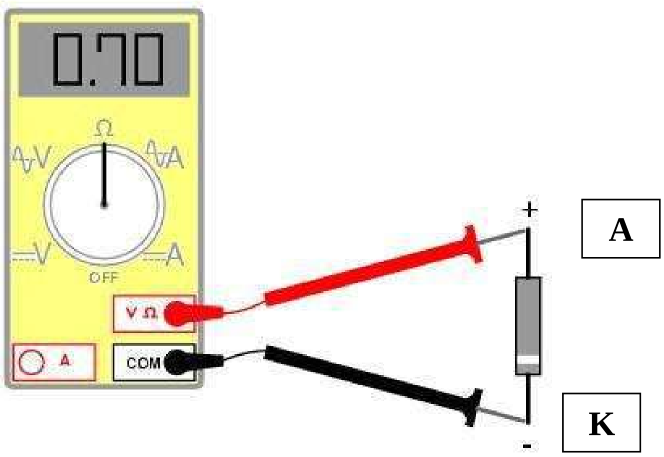
هاز الأفوميترعلى وضع تدريج المقاومة وعلى الوضع X 1k أو رمز الدايود .

ف الأحمر لمجس الجهاز على طرف الأنود A والطرف الأسود لمجس الجهاز على طرف الكاثود K

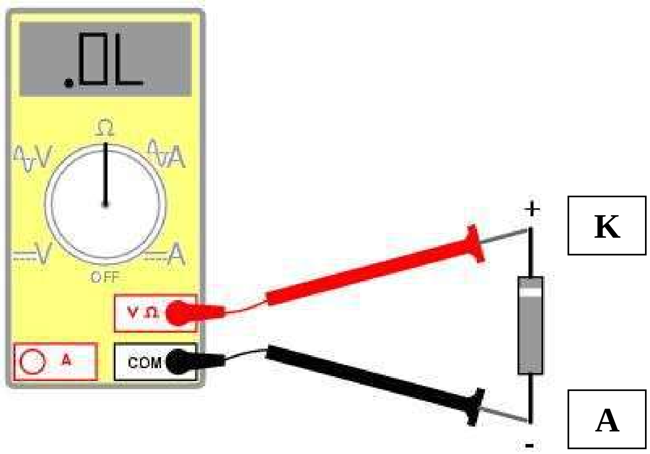
كل (٥-١٤) - انحياز أمامي – فيجب أن تكون القراءة صغيرة جدا .

ضع المجسين الأحمر على طرف الكاثود K والأسود على طرف الأنود A . إذا كان الدايود جيداً فإن

يعطى أى قراءة . أما إذا أعطى أى قراءة فهذا مؤشر على تلف الدايود .



انحياز أمامي

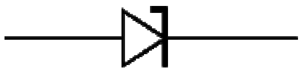


أنحيازعكسى

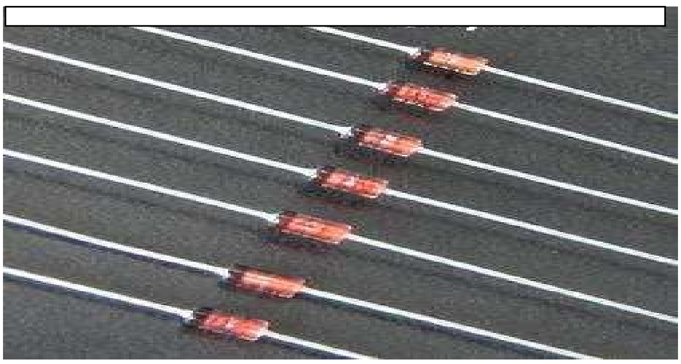
شكل (٥-١٤) اختبار الدايود

ـي الزينر :-

ـنائي من السيليكون في حالة التوصيل الأمـامي يتصرف كثنـائي سيليكون عـادى ، أمـا في حالـة توصيله
لانحياز العكسي) يظل التيار المار به صغيراً إلي أن تصل قيمة الجهد العكسي إلـي جهد الانهيـار أو مـا
ـر وعندئذ يزيد التيار بسرعة مع أي زيادة طفيفة في الجهد .
ي الزينر هو القيمة الاسمية للجهد . والقيم الاسمية المنتجة للزينر هي
.... 12 -9.1 -8.2..... 6.2 -5.1 -4.7 -4.3-3.6 -3.3 - 3- 2.7 -2.4 ، وقدرات من
ى 75W .
ـمات ثنائي الزينر في دوائر تنظيم الجهد وشكل (٥- ١٥) يبين بعض أشكال ثنائي الزينر



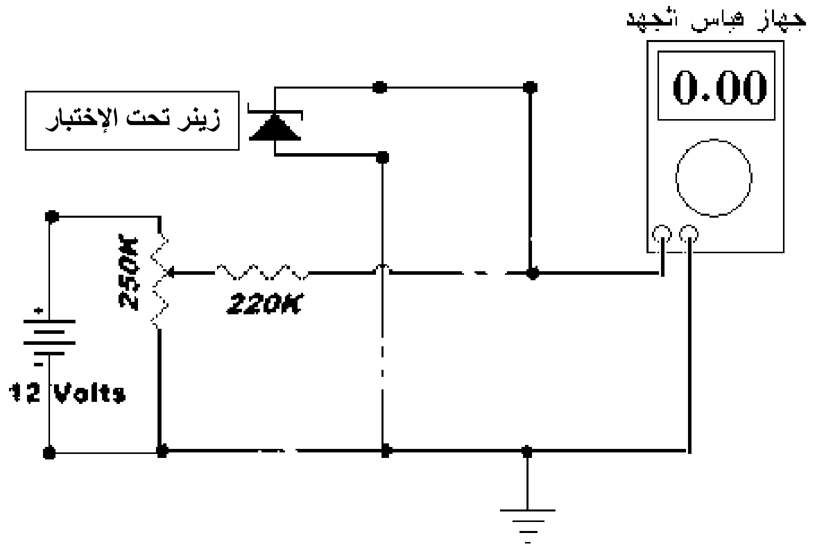
رمز ثنائي الزينر



شكل (٥- ١٥) بعض أشكال ثنائي الزينر

- اختبار صلاحية ثنائي الزينر:-

ـصلاحية ثنائيات الزينر تجرى عليها نفس خطوات اختبار ثنائي الدايود لنحصل على قراءة في اتجاه واحد
ـا فإذا أعطى قراءة في الأتجاهين أو لم يعطى قراءة على الأطلاق فهو تالف . ولكن لا يثبت قيـام الزينـر
المدى الخاص به . ولاختبار صلاحية الزينر يتم توصيله في الدائرة الموضحة في الشكل رقم (٥-١٦)
ـض جهد منبع التغذية ونسجل قراءة الفولتمتر فإذا لم يحدث تغير دل ذلك علـى أن الزينـر سليم (ثبـات
ـى طرفي الزينر) ،أما إذا تغير الجهد المقاس على طرفـي الزينـر دل ذلـك علـى تلفـه ، ويستوجب الأمـر
نفس الطراز أو المدى .



شكل (٥-١٦) يبين طريقة اختبار ثنائي الزينر

انزستور :

ستور من ثلاث طبقات من أشباه الموصلات ، ويتم ترتيب هذه الطبقات بطريقتين هما PNP أو

ة أقطاب و أطراف الترانزستور هي :-

Emitter ويرمز له بالرمز E .

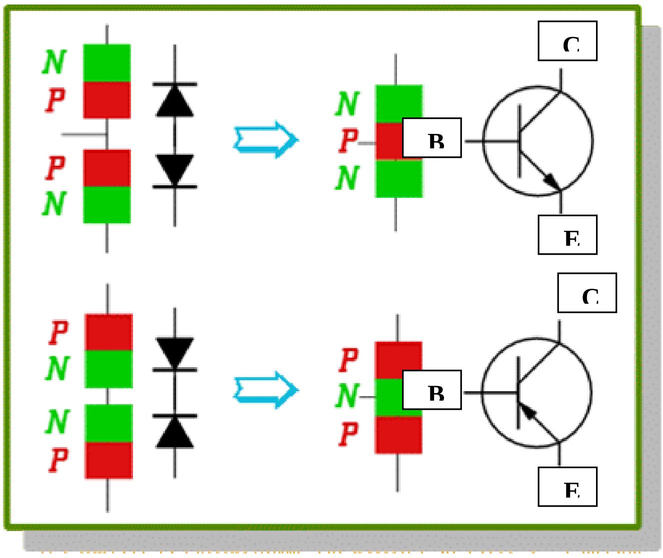
Base ويرمز لها بالرمز B .

Collecto ويرمز له بالرمز C .

ان من الترانزستور :

PNP) وتكون القاعدة في هذا النوع من النوع السالب (N type) أما المشع والمجمع فهما من
(P type) .

NPN) وتكون القاعدة في هذا النوع من النوع الموجب (P type) أما المشع والمجمع فهما من النوع
N) . شكل (٥-١٧) يبين رمز وتركيب نوعى الترانزستور .



شكل (٥-١٧) رمز وتركيب نوعى الترانزستور .

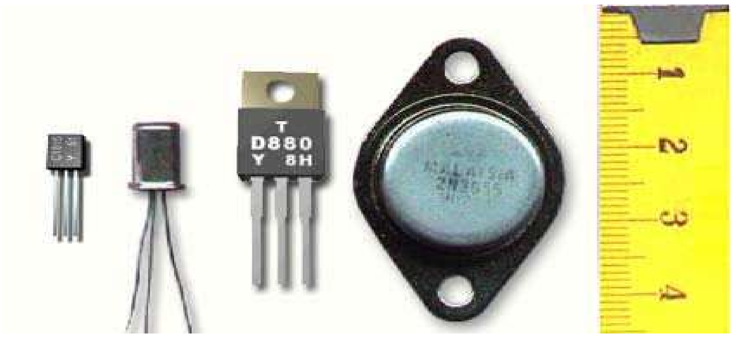
- اختبار الترانزستور :-

تور غالباً ما تكون فتح داخلي في نقط الاتصال الداخلية ويسمى (open) أو حدوث اتصال بين نقط
ة بالأقطاب ويقال أن به قصر (short)، وهذه الحالة تحدث نتيجة الحرارة العالية في جو التشغيل أو
الجهد ، كما يتعرض الترانزستور لحالة رشح (Leakage) شديد بين الأقطاب بسبب عدم كفاءة عمله
ستور نستخدم جهاز الآفوميتر في وضع قياس الأوم (R×100) أو وضع قياس الدايود) ونتبع الخطوات

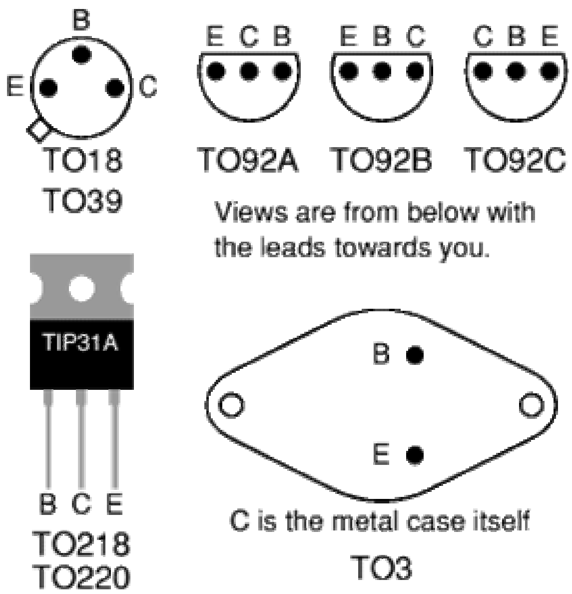
te) نلامس أحد طرفي مجس الآفوميتر مع طرف قاعدة الترانزستور (B) ونلامس طرف مجس
ر الأخر مع طرف المشع (E) ، ثم نعكس طرفي مجس الآفوميتر . لكي يكون الترانزستور سليماً
، تكون إحدى القراءتين مقاومة عالية والأخرى مقاومة منخفضة وخلاف ذلك يكون الترانزستور تالف .
t) نكرر الاختبار السابق ولكن مع طرفي القاعدة (B) والمجمع (C) للترانزستور أيضاً يجب أن تكون
لقراءتين مقاومة عالية والأخرى مقاومة منخفضة وخلاف ذلك يكون الترانزستور تالف .
t) نكرر الاختبار السابق ولكن مع طرفي المشع (E) والمجمع (C) ، التى يجب أن تكون القراءتان
عالية جداً .
ب) يوضح بعض أشكال الترانزستور وترتيب أقطابه .
يوضح خطوات اختبار الترانزستور .

فوميتر الرقمية بها خاصية قياس واختبار الترانزستور وذلك بأن توضع أطراف أقطاب الترانزستور في
صة لها على الآفوميتر مع مراعاة صحة القطبية بين الترانزستور والجهاز فإذا كانت قراءة جهاز

قليلة جداً دل ذلك على وجود قصر .
أى قراءة دل ذلك على وجود فتح .
عطى قراءة فيجب مقارنة تلك القراءة بجداول الترانزستورات لنفس رقم الترانزستور تحت الاختبار .



(أ)



(ب)

شكل (٥-١٨أ،ب) يوضح بعض أشكال الترانزستور وترتيب أقطابه .

ايرستور :

ى نبيطة ضمن مواد أنصاف الموصلات ، والثايرستور يستخدم الآن بكثرة بدلا من مفاتيح التوصيل التى
، كهربياً وذلك لسرعته العالية جداً في التوصيل والقطع . كما يستخدم أيضا في دوائر التوحيد المحكومة
م الموحد السيليكونى المحكوم SCR .

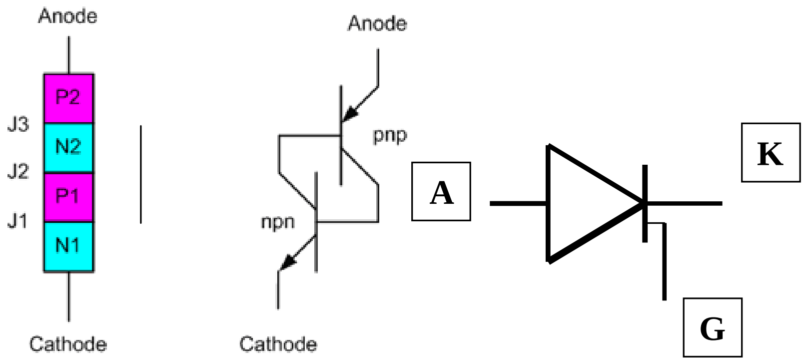
ستور من أربع طبقات سيليكون هي على التتابع PNPN . يخرج من هذه المجموعة ثلاثة أطراف :-

ف الأول يسمى المصعد Anode وهو يلامس الشريحة الأولى .

ف الثاني يسمى المهبط Cathode وهو يلامس الشريحة الرابعة .

ف الثالث يسمى البوابة Gate وهو يلامس الشريحة الثالثة .

يبين التركيب البنائى للثايرستور ورمزه .



شكل (٥-٢٠) يبين التركيب البنائى للثايرستور ورمزه .

- إشعال الثايرستور (تشغيله) :

ركيب الثايرستور أن التوصيل بين المصعد والمهبط مغلق سواء في الاتجاه الأمامي أو الاتجاه العكسي ،
لإحداث توصيل أمامي ، وذلك بوضع إشارة (نبضة) صغيرة الجهد على البوابة بالنسبة إلى الكاثود ،
ة كهربية للبوابة يصبح الثايرستور في حالة توصيل ويمكن مرور تيار كهربي ، وبمجرد أن يصبح
سلاً فإنه يظل كذلك حتى بعد زوال النبضة عن البوابة . إرجاع الثايرستور لحالته الأولى أى عدم
هلا ولكن أبسط طريقة عملية هو فصل المنبع الكهربي عنه .

ور :

الثايرستور في دوائر التوحيد المحكومة (أى التى يمكن تنظيم خرج التيار المستمر منها) .

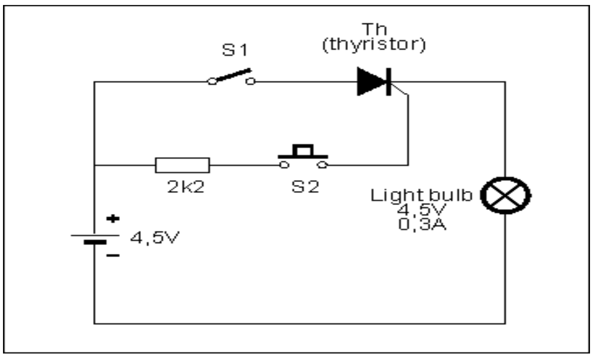
الثايرستور كمفتاح إلكتروني ذو سرعة وكفاءة عالية .

الثايرستور للتحكم في سرعة محركات التيار المستمر والمحركات العامة (اليونفرسال) .
ـات كثيرة في مجال الإلكترونيات .
يبين بعض الأشكال المختلفة للثايرستور (لاحظ أنها قد تشبه الترانزستور في الشكل ولكنها تختلف في



شكل (٥- ٢١) يبين بعض الأشكال المختلفة للثايرستور

توضح طريقة عملية بسيطة لإشعال الثايرستور أو اختبار صلاحيته .
الآتية :-
ـاح S1 ليصل جهد البطارية على طرفي الثايرستور نلاحظ أن المصباح لا يضئ أى لا يمر تيار
ـ الثايرستور مغلق .
الضاغط S2 ليمر تياركهربى من خلال المقاومة 2K2 (جهد أقل من 4.5 فولت) ، فور الضغط
ضئ المصباح ويظل كذلك حتى بعد رفع اليد عن الضاغط . ولا تنطفئ إلا بعد فصل المفتاح S1 وعند
ـة لا تضئ إلا بعد ضغط الضاغط .
لمصباح قبل ضغط الضاغط أى بعد توصيل المفتاح S1 فقط دل ذلك على وجود قصر بالثايرستور
.
المصباح (التأكد من سلامته) مع إجراء الخطوات السابقة دل ذلك على وجود فتح في الثايرستور
.



شكل (٥-٢٢) توضح طريقة عملية بسيطة لإشعال الثايرستور أو اختبار صلاحيته

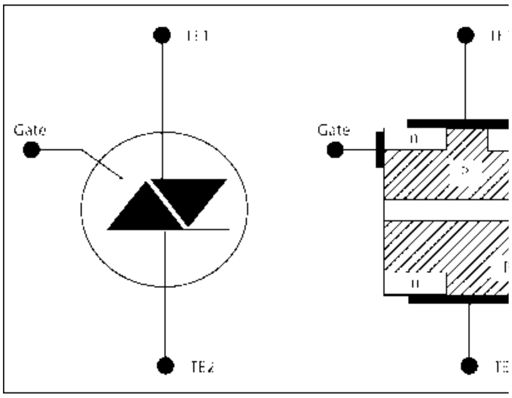
ـياك :

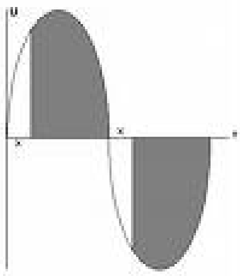
حد فصائل الثايرستور مزدوج الاتجاه ، حيث أن تركيبه الداخلي يسمح له بتوصيل الجهد الكهربي في كلا ، الثايرستور الذي هو أحادى الاتجاه.

اخلي للترياك يمكن اعتباره عدد اثنين ثايرستور متصلين في توازى عكسي مع بوابة مشتركة ، ويشعل نبضة كهربية موجبة أو سالبة على البوابة . يستخدم الترياك في التحكم في قيمة التيار المتردد ، لذا فهو كم في حركة محركات التيار المتردد عن طريق تغيير قيمة الجهد علي طرفيها . وكذلك تغيير شدة ج . الشكل (٥-٢٣) يبين التركيب البائي ورمز الترياك وشكل الموجة الخارجة منه .

- أطراف الترياك :

أطراف هي T1 ، T2 والطرف G الذي يمثل البوابة .

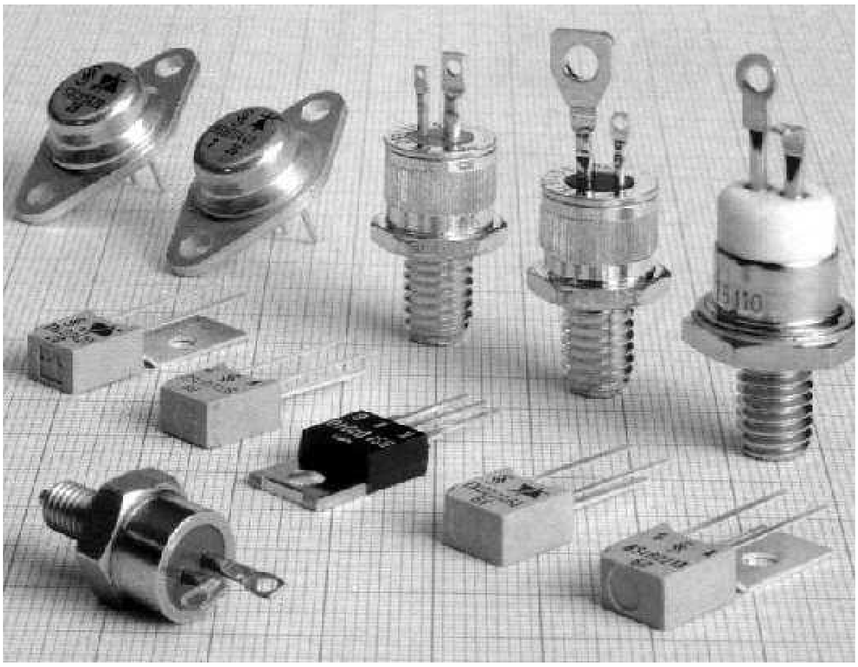




للترياك رمز الترياك شكل موجة التيار الخارجة من الترياك

شكل (٥-٢٣) يبين التركيب البنائى ورمز الترياك وشكل الموجة الخارجة منه .

يبين بعض أشكال الترياك المتداولة ذات قدرات مختلفة

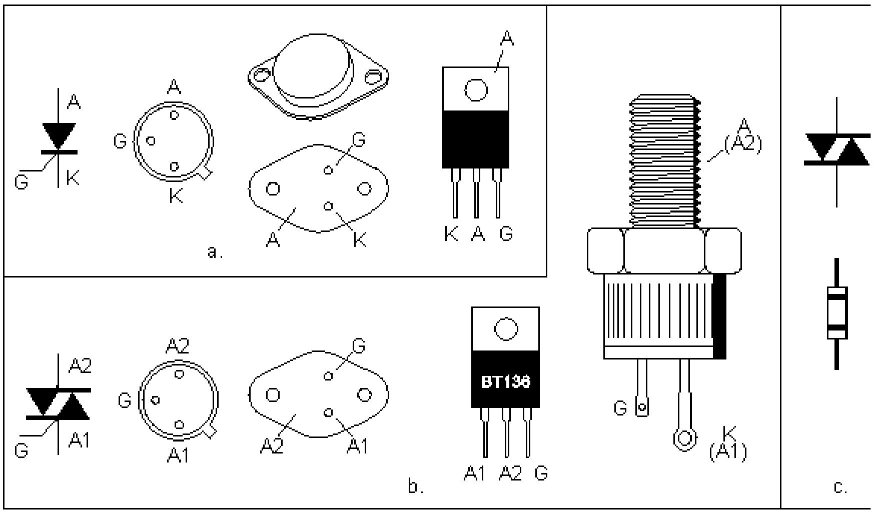


شكل (٥-٢٤) بعض أشكال الترياك المتداولة ذات قدرات مختلفة

ياك :

د فصائل الثايرستور مثل الترياك ولكنه بدون بوابة ، ويسمى أيضا باسم ثنائي الإشعال (ثنائي القدح) Trig . من خواص الترياك هو التوصيل في اتجاهي الجهد الكهربي . ويتكون الدياك من ثلاثة طبقات فان هما T1 و T2 . ونظرية عمل الدياك هو عند توصيله في أى اتجاه على جهد أقل من جهد الانهيار يمنع مرور التيار خلاله، وعند وصول الجهد إلى جهد الانهيار يبدأ الدياك في التوصيل ويتناقص الجهد قيمة أصغر . ويقع جهد الأنهيار عادة فيما بين المدى ٣٠ الى ٥٠ فولت . وعمل الدياك الرئيسي هو ر أو الترياك .

يبين رسما تخطيطيا لكل من الدياك والترياك والثايرستور والرمز لكل منهما وتحديد الأطراف .



a : رمز وأطراف بعض أنواع الثايرستور .

b : رمز وأطراف بعض أنواع الترياك . (T2=A2 , T1=A1) .

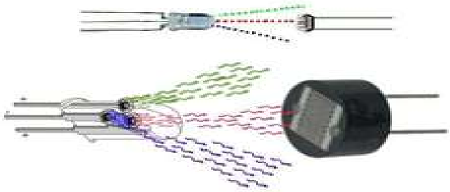
c : رمز وأطراف الدياك .

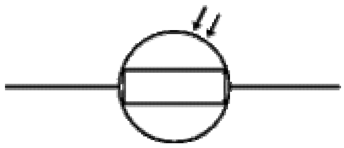
شكل (٥-٢٥) يبين رسما تخطيطيا لكل من الدياك والترياك والثايرستور

قاومة الضوئية LDR :

ن مواد شبه موصلة مثل سيليند الكادميوم وتغطى بالسيراميك وتوضع داخل غلاف زجاجي . وتتغير عند تعرضها لشعاع ضوئي ، فتقل قيمه المقاومة من عدد من الميجا أوم إلى عدد من الكيلو أوم أو أقل . ائر التى تعتمد على الضوء في تشغيلها مثل إنارة أعمدة الشوارع ليلا .

يبين رمز المقاومة الضوئية .وشكال (٥-٢٦ب) يوضح كيفية عمل المقاومة الضوئية .





شكال (٥-٢٦ب) كيفية عمل المقاومة الضوئية   رمز المقاومة الضوئية LDR

ـائي الضوئي :

من الثنائيات ، ومن خواصه بأنه يعطى ضوءاً إذا ما طبق علية جهد ذو انحياز أمامي .

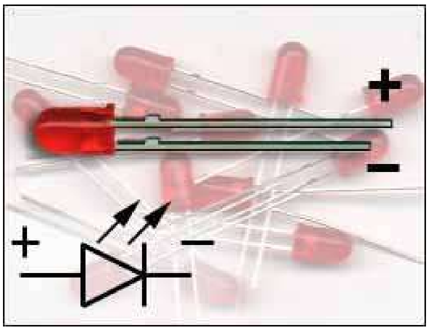
- طريقة معرفة أطرافه :

لمعرفة أطراف الثنائي الضوئي هي بالنظر اليه من الداخل ، ستلاحظ أنه يتركب من جزئين أحدهما ، كما بشكل (٥- ٢٧أ) ، الطرف المتصل بالجزء الأكبر هو الطرف السالب (الكاثود) ، أما الطرف الأصغر هو الطرف الموجب (الأنود) . توجد طريقة أخرى لتحديد هذين الطرفين ، الطرف ذو السلك ـرف الموجب ن والسلك ذو الطرف القصير يمثل الطرف السالب (هذا في حالة ما يكون الثنائي جديدا

وأحجام مختلفة لهذا الثنائي ، من ألوانه الشائعة ((الأحمر ، الأخضر ، الأصفر ......) . يستعمل فى مجالات كثيرة منها بيان حالة تشغيل الأجهزة – الأعلانات الضوئية - فى بعض حالات بيان الأرقام ـلافه .

أ) يبين كيفية معرفة أطراف الثنائي الضوئي . وشكل (٥-٢٧ب) يبين بعض أشكال الثنائي الضوئي .





شكل (٥-٢٧ب)

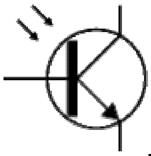
ـ ٢٧أ)

ـرانزستور الضوئي :

الضوئي هو ترانزستور له طرفان فقط وهما المجمع C والمشع E أما القاعدة فليبس لها طرف . هي عند سقوط ضوءاً عليه يكون هذا الضوء بمثابة حقن إشارة لقاعدة الترانزستور B مما يسمح دم هذا الترانزستور في الدوائر التى تعتمد في تشغيلها على شدة الاستضاءة .

يبين رمز الترانزستور الضوئي . وشكل (٥-٢٨ب) يبين بعض أشكال الترانزستور الضوئي .





،) بعض أشكال الترانزستور الضوئي

شكل (٥-٢٨أ) رمز الترانزستور الضوئي

<u>لية الضوئية :</u>

ترونى يقوم بتوليد الطاقة الكهربائية عن طريق أشعة الشمس

ث أنها لا تصدر أي صوت .

، على أي عناصر ميكانيكية .

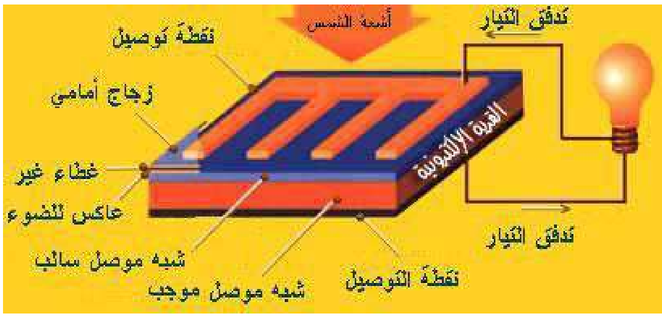
البيئة .

لويل ولا تتلف .

تاج الطاقة في اي مكان ولا تحتاج الى تمديدات كهربائية .

كل جيد حتى مع وجود الغيوم .. او برودة الطقس ..

) يبين رسماً مبسطا للخلية الضوئية



شكل (٥-٢٩) يبين رسماً مبسطا للخلية الضوئية

١ - طريقة عملها:

القادمة من الشمس على شريحة رقيقة من مادة السيليكون .. مما يؤدي الى اكتسابها طاقة بسبب حركة
.ٍ

ونات تولد فرق جهد كهربائي على طرفي الخلية ..

مية الإشعاع الساقط على شريحة السيليكون كلما تم إنتاج كمية اكبر من الطاقة ..

اوية سقوط الشمس على الخلية للحصول على اكبر قيمة للتيار .

بار الكهربائي المتولد بالحرارة المحيطة بالخلية الضوئية .

الدوائر المتكاملة :

ملة IC عبارة عن دائرة إلكترونية كاملة تحتوى على العناصر الضرورية لها مثل : الترانزستورات ، مقاومات ، هذا بالإضافة إلى التوصيلات اللازمة لهذه المكونات ، وتغلف الدائرة المتكاملة بغلاف يخرج توصيل بأشكال وأبعاد قياسية .

١ - أشكال أغلفة الدوائر المتكاملة :

ذو الأطراف على الجانبين DIP .

ذو الأطراف المسطحة Flat – pack .

في علبة معدنية .

٣أ) يبين أحد أشكال النوع DIP .

٣ب) يبين أحد أشكال النوع Flat – pack .



شكل (٥-٣٠ب)



شكل (٥-٣٠أ)

٢ - أنواع الدوائر المتكاملة :

لدوائر المتكاملة بصفة عامة من حيث نمط التشغيل إلى مجموعتين رئيسيتين هما :

لمتكاملة الخطية Linear ICs :

ج هذا النوع مع إشارة الدخل له ، ويستخدم أساساً بدوائر معالجة الإشارات (المكبرات – المذبذبات...)

سة الأتصالات .

لمتكاملة الرقمية Digital ICs :

لنوع في دوائرحالتى المنطق (0 , 1) ويستخدم هذا النوع أساساً بأجهزة الكمبيوتر ونبائط العد

اعدة في التحكم .

- تحديد أطراف الدوائر المتكاملة :

IC من أعلى (أى انك ترى رقم وبيانات IC) سوف ترى دليل (علامة) موضح بالغلاف ، هذا

1 ثم يتم العد من اليسار إلى اليمين في اتجاه ضد عقارب الساعة .

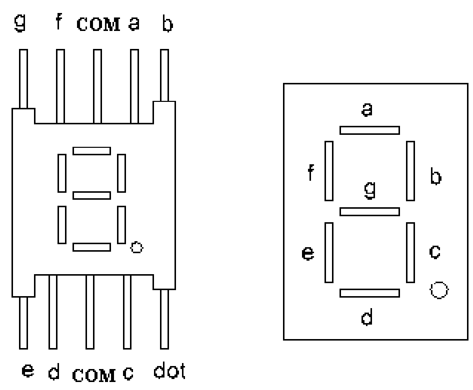
اشة الإظهار الرقمية 7-Segment :

لثنائيات الضوئية انتشارا واسعاً في مجال الإلكترونيات . وأحد هذه النوعيات هي شاشة الإظهار الرقمي

وتتركب في أبسط صورها من عدد سبعة ثنائيات ضوئية (7 Leds) ترتب على شكل 8 .

نع هذه الثنائيات بهذا الترتيب هو الحصول على أرقام من 0 إلى 9 بواسطة إنارة بعضا منها وإطفاء

يبين رسما تخطيطيا ل 7-Segment



Seven-Segment Display

شكل (٥-٣١أ) يبين رسما تخطيطيا ل 7-Segment

7-Seg إلى :

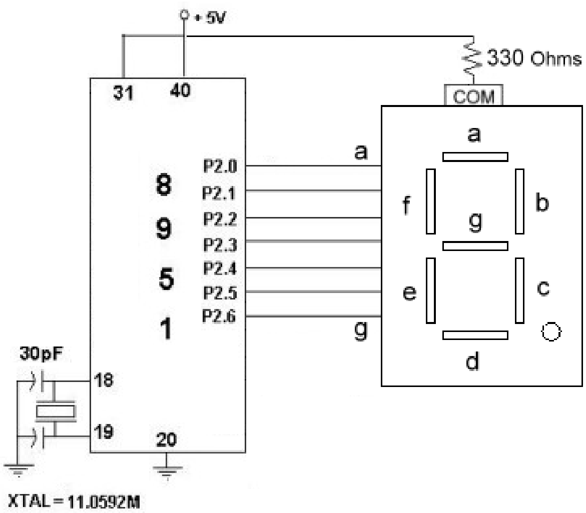
لمشترك وفيها توصل جميع الأنود لها بنقطة واحدة .

المشترك وفيها توصل جميع الكاثود لها بنقطة واحدة .

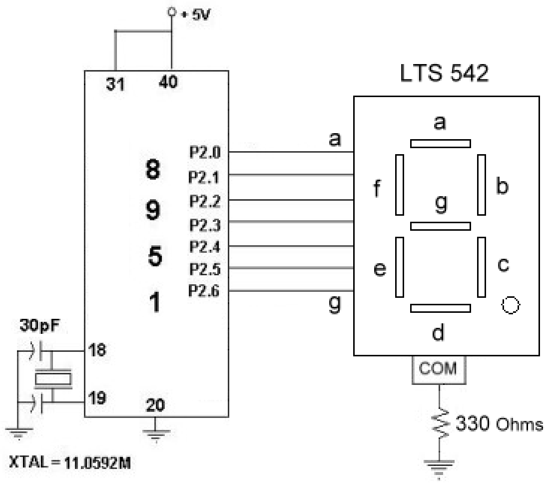
) يبين دائرة توصيل دائرة 7-Segment ذات الأنود المشترك .

يبين دائرة توصيل دائرة 7-Segment ذات الكاثود المشترك .

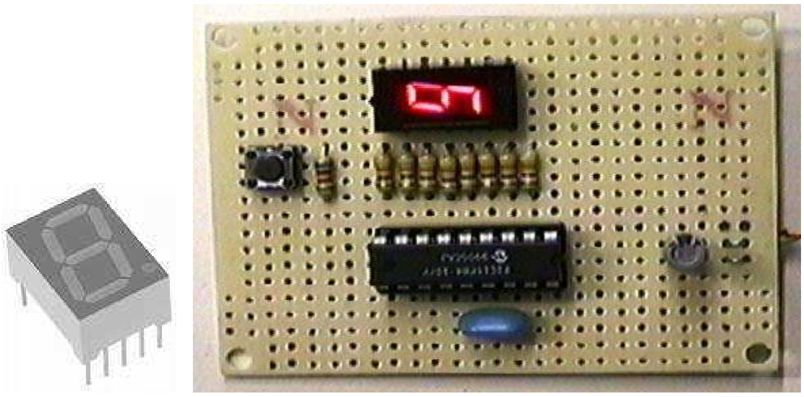
يبين تشغيل 7-Segment فعلية .



) يبين دائرة توصيل دائرة 7-Segment ذات الأنود المشترك .



، يبين دائرة توصيل دائرة 7-Segment ذات االكاثود المشترك .



شكل (٥-٣١د) يبين دائرة 7-Segment منفذة عملياً .

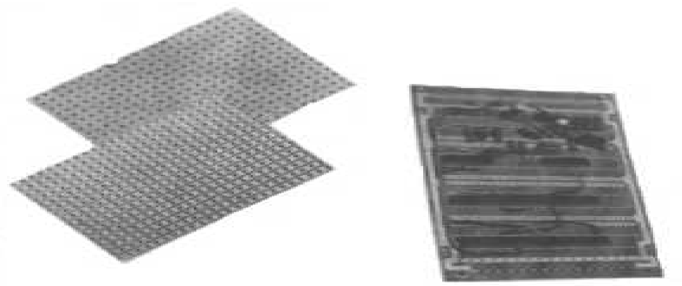
على الضاغط (الموجود في جهة اليسار) يزداد العدد بواحد . هذه الدائرة تعد أرقام الآحاد فقط (من 0
ـنا رقم العشرات تضاف
ـ أخرى بجانبها وهكذا .

ـحة المطبوعة :

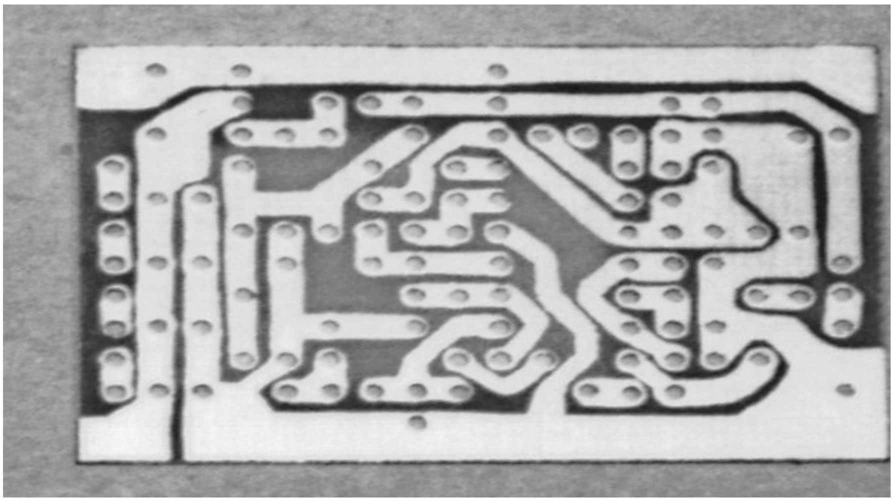
عن لوحة من مادة عازلة مثل الفيبر ، ويوجد على أحد أوجه اللوحة طبقة رقيقة من النحاس يعمل بها ، المطلوب عملها بين المكونات بدلاً من الأسلاك وذلك حسب الدائرة الإلكترونية، ثم تثبت المكونات ت ، المكثفات ، الملفات ، الثنائيات ، الترانزستورات ، الدوائر المتكاملة) على الوجه المقابل للمسارات ـال أطراف مكونات الدائرة مثل أطراف مكونات الدائرة في الثقوب المخصصة لها باللوحة ويتم لحامها ن خلال وسائد Pads ويتم اللحام يدوياً أو أتوماتيكيا ، شكل (٥- ٣٢أ) يوضح شكل الوجه النحاسي ـم يطبع عليها أى مسارات ،شكل (٥-٣٢ب) يوضح شكل لوحة مطبوعة أخرى ذات مسارات طولية ـة (تباع مجهزه سابقا تستخدم للدوائر البسيطة) ، شكل (٥-٣٢ج) يبين لوحة تم طبعها ،) يبين لوحة تم طبعها وتم لحام مكوناتها .



شكل (٥- ٣٢أ) يبين لوحة قبل طبعها



شكل (٥-٣٢ب) يبين لوحة مجهزه سابقا تستخدم للدوائر البسيطة



شكل (٥- ٣٢ج) يبين لوحة تم طبعها



شكل (٥-٣٢د) يبين لوحة مطبوعة بعد وضع المكونات عليها و لحامها .

الباب السادس

تمارين لإكساب المهارات

رين لوحة مطبوعة (برنتيد) :

كهربية والإلكترونية التى تحتوى على مكونات إلكترونية لابد من توصيلها معا على اللوحة المطبوعة (نية) ، لذلك تعد هذه اللوحات من أهم ما تتطلبه الصناعات الإلكترونية الدقيقة .

طبوعة (الكارت الإلكتروني) ؟

وحة لها طبقة من النحاس من جهة والطبقة الأخرى من مادة عازلة مثل الفيبر وهى التى تثبت عليها رونية ويتم التوصيل للدائرة على الطبقة النحاس بمسارات معزولة عن بعضها البعض وفى هذه الحالة قة واحدة Single - Layer .

تان للوحة من النحاس ويكون توصيل الدائرة بمسارات من الطبقة العليا آلتي بها المكونات بجانب الطبقة الأخرى وذلك لتفادى التقاطعات وتسمى باللوحة المزدوجة Double - Layers .

وحات متعددة الطبقات ، ويتم تصنيع هذه اللوحات بطريقتين .

ة الحاسب .

عن طريق الأحماض .

د في البداية من الحصول علي التخطيط للدائرة المطلوبة مع مراعاة مايلى :

تخطيط لابد من وجود مكونات الدائرة لمعرفة الأبعاد بين أطرافها للحصول على الدقة المطلوبة في ة .

فات الفاصلة بين المسارات .

لمسارات حسب شدة التيار .

الوسائد النحاسية حتى تتحمل درجة الحرارة عند لحام أطراف المكونات .

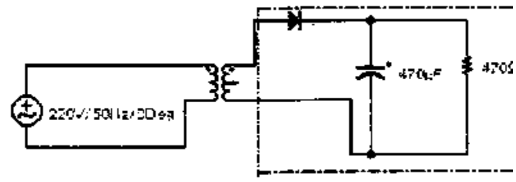
المطلوب توصيلها بالأرضي بمسار رئيسى .

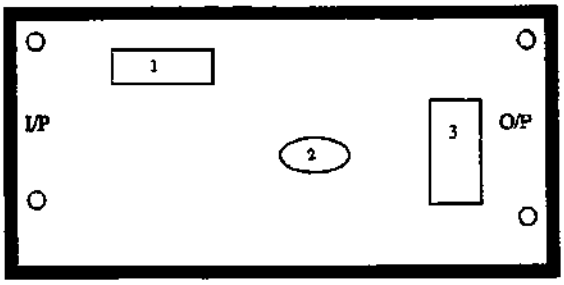
في رسم مسارات الدوائر المتكاملة لكثرتها .

، الترانزستورات والدوائر المتكاملة بالدائرة المطبوعة بنفس ترتيبها بالدائرة النظرية مما يسهل تتبع

ـع المخطط (Layout) لدائرة توحيد نصف موجة شكل (٦ – ١) مع تحديد أطراف الدخل

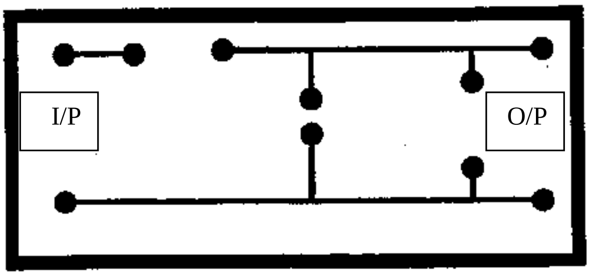
شكل (٦ – ١)





الخطوة الأولى : معرفة أبعاد مكونات الدائرة لوضع التصور المبدئى لترتيب المكونات على اللوحة

1N4004
470μF
470Ω



مخطط دائرة نصف موجة

الخطوة الثانية : وضع المخطط لتوصيل المكونات طبقا للدائرة الإلكترونية مع تفادى أى تقاطعات للمسارات مع عمل أطراف دخل وخرج

التمرين الأول

:

ة (برنتيد).

تمرين :

ب علي الطريقة اليدوية البسيطة لرسم وطبع لوحة (برنتيد)

ية :

مقاس ١٤٠ * ٢٠٠ مم .

جم مسحوق كلوريد الحديديك .

ن .

لأحماض (دوكو).

اللازمة :

م	العدد والأدوات
١	شنيور مناسب
٢	بنطة ١ مم
٢	منشار أركت ذو أسنان ناعمة
٣	مبرد ٦ " ناعم
٤	إناء بلاستيك مناسب لمساحة اللوحة
٥	قضيب خشبي

التمرين :

مخطط اللوحة شكل (٦ – ٢) علي ورقة مربعات بالأبعاد الحقيقية .

د اللوحة بالأبعاد المناسبة باستخدام منشار ذوأسنان ناعمة (أركت) وتنعيم الأحرف بالمبرد الناعم.

سطح النحاسي بقطعة قطن مبللة بالكحول لإزالة الشحوم وأثار الأصابع والأتربة ثم تجفف جيدا .

الرسم من الورقة الي سطح اللوحة النحاسي بالشف بالكربون مع ملاحظة استخدام قلم لون مختلف عن

وط رسم الورقة حتى لايهمل أى خط من خطوط الرسم .

ي المسارات باللوحة المرسومة بالكربون بالقلم الدوكو .

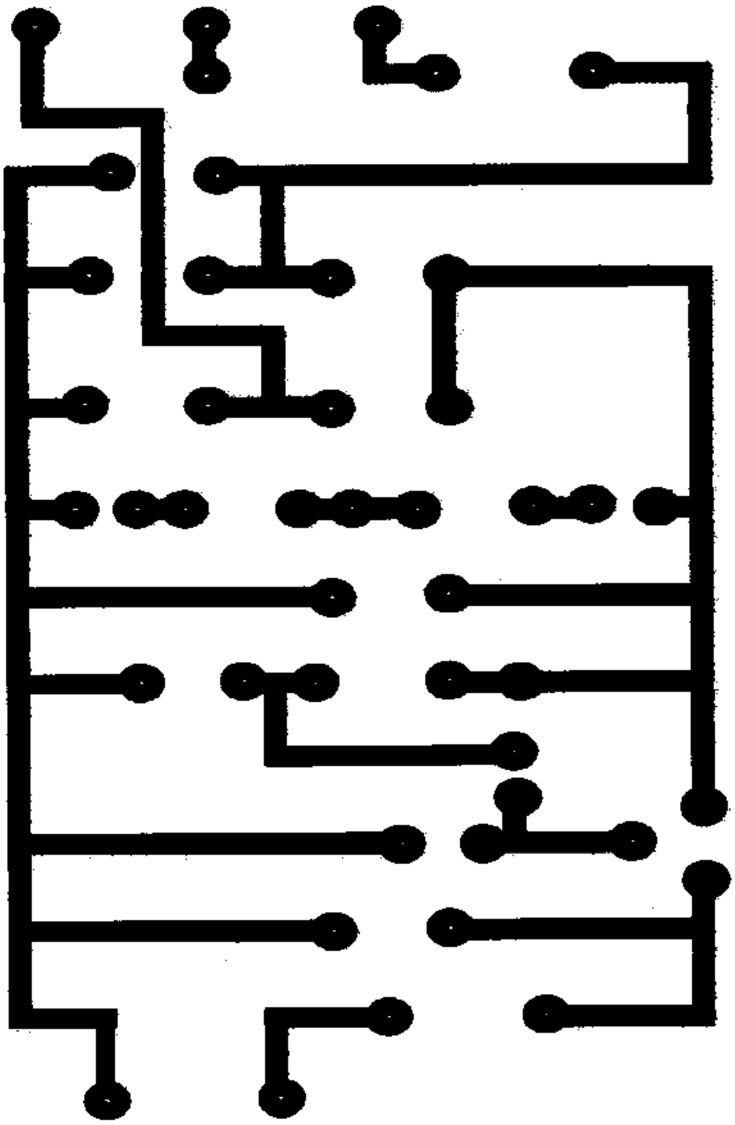
حامض الحفر علي النحاس وذلك بإضافة ٤٠٠ جرام من مسحوق كلوريد الحديديك إلي نصف لتر من ارد يكون موضوع في اناء بلاستيك ويتم التحريك بقضيب خشبي مع ملاحظة إضافة المسحوق ببطيء ء حتى لاترتفع درجة حرارة المحلول وكذلك عدم إضافة الماء الي المسحوق لأن ذلك يؤدى الي انتشار هائلة وإذا حدث ولمست يدك المحلول بدون قصد فاغسل يدك بسرعة بالماء النقي مع المحافظة على ، يحفظ المحلول في أواني بلاستيكية.

ة طباعة اللوحة بوضع قليل من المحلول في وعاء قليل العمق ، ثم نضع اللوحة المرسومة في المحلول بضع دقائق ويمكن تحريك اللوحة في المحلول من آن لآخر حتى يتم الحفر ثم نسحب اللوحة من المحلول ، معدنية ويتم غسيل اللوحة بالماء جيدا ونتركها حتى تجف وسوف نجد أن الخطوط المرسومة بالقلم نية والأجزاء النحاسية الأخري قد تم ازالتها بواسطة المحلول

اكن تركيب المكونات بشنيورصغيرالحجم وبنطة ١ مم بعد ذلك تصبح اللوحة جاهزة للاستخدام .

التي تم تنفيذها سوف تستخدم في تمارين دوائر التوحيد ومضاعف وتنظيم الجهد المقررة

: يباع كلوريد الحديديك بالقرب من محلات الزنكوغراف كما يباع المحلول معد في بعض محلات بيع ار الأجهزة الإلكترونية .



شكل (٦ – ٢) يبين مسارات اللوحة المطبوعة

ينات لحام بالكاوية :

التمرين الثاني

:

تمرين :

الطلاب علي اكتساب المهارات اليدوية في عملية اللحام بالقصدير .

الطلاب علي اكتساب المهارات في استخدام معدات اللحام والحصول علي لحام جيد .

ية :

اس مفرد ١ مم٢ بطول ٥٠ سم .

محشو قلفونية (٢ جم).

حام (فلكس أو قلفونية) علبة حجم صغيرللجميع

اللازمة :

م	العدد والأدوات
١	قصافة بيد معزولة
٢	قشارة أسلاك
٣	كاوية لحام مناسبة
٤	زرا دية ببوز ملفوف
٥	زرا دية بيد معزولة
٦	آفوميتر

التمرين :

ازل من على السلك .

ملك ٤ أجزاء بطول ٥٠ مم و٣ أجزاء بطول ٧٠ مم .

أجزاء مع بعضها كما بالشكل (٦ – ٣) مع ضبط الأبعاد البينية .

ـ التقاطع بين الأسلاك وللحصول علي لحام جيديتم تنظيف أماكن اللحام جيدا مع استخدام مساعد اللحام

أو قلفونية) .

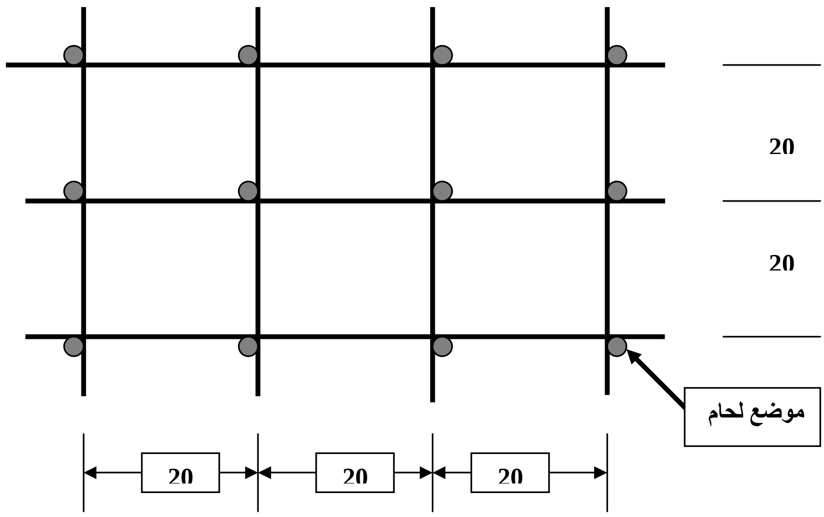
طرف كاوية اللحام وتبيضها بالقصدير ثم ضع جزء من القصدير علي طرف كاوية اللحام ثم ضعها علي

حام حتى ترتفع درجة حرارة الموصلات للدرجة التي تعمل مع الكاوية علي صهر القصدير ليملئ الفراغ

ـ اللحام ويصير لامع في هذه الحالة نرفع الكاوية مع المحافظة على تثبيت الأسلاك معا بالزرادية حتى

صدير.

خطوة السابقة في الأماكن الموضحة بالرسم .



شكل (٦ – ٣) تكوين شبكة من السلك باللحام بالقصدير

الأبعاد بالمليمترات

رين توصيل مقاومات ومكثفات (توازى - توالى – تضاعف)

التمرين الثالث

:

ت

تمرين :

الطلاب علي اكتساب المهارات اليدوية في توصيل ولحام المقاومات باللوحة المطبوعة المثقبة المعدة

ى تباع لتنفيذ الدوائر البسيطة) .

الطلاب علي حساب قيمة المقاومات باستخدام شفرة الألوان والقياس .

وبة :

حة مطبوعة (برنتيد) بأبعاد مناسبة من النوع الذي يصلح لأي دائرة .

) مقاومات ألوان قيم مختلفة قدرة صغيرة .

) مكثفات كيميائية (4,6,10 µF)

س معزول مفرد ٠.٥ مم٢(٢٠ سم)

محشو قلفونية (٢ جم).

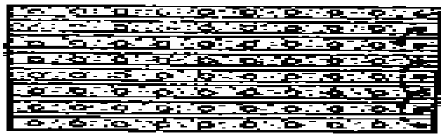
حام (فلكس أو قلفونية) علبة حجم صغيرللجميع

اللازمة :

م	**العدد والأدوات**
١	قصافة بيد معزولة
٢	قشارة أسلاك
٣	كاوية لحام مناسبة
٤	زرادية ببوز ملفوف
٥	زرادية مبطحة بيد معزولة
٦	جفت مناسب

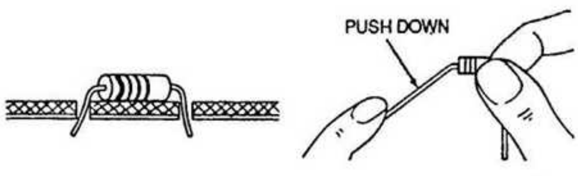
ـ التمرين :

ـما أن المقاومات سوف تلحم على اللوحة المطبوعة سابقة التجهيز شكل (٦ – ٤) وعلى شرط نحاسي ـلك لابد عمل قطع للشرط النحاسي تحت كل مقاومة حتى لاتكون المقاومة مقصورة على نفسها يتم لحام ـ بالطريقة التالية :



شكل (٦ – ٤) لوحة مطبوعة تباع سابقة التجهيز

ـطراف المقاومات وتوضع في أماكنها على اللوحة كما بالشكل .(٦ – ٥)

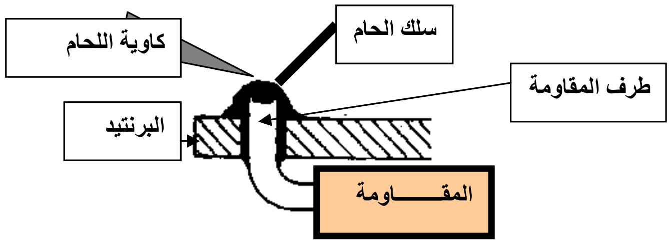


شكل .(٦ – ٥)

ـرحة وضع طرف كاوية اللحام بعد تسخينها علي نهاية طرف المقاومة وطبقة النحاس بالبرنتيد وضع اللحام (سلك اللحام) حتى ينصهر القصدير ويتخلل حول طرف المقاومة والنحاس الملاصق له

الكاوية ولاتحرك المقاومة حتى يبرد اللحام شكل (٦ – ٦).

ـف المقاومة الزائد بالقصافة الجانبية .



شكل .(٦ – ٦)

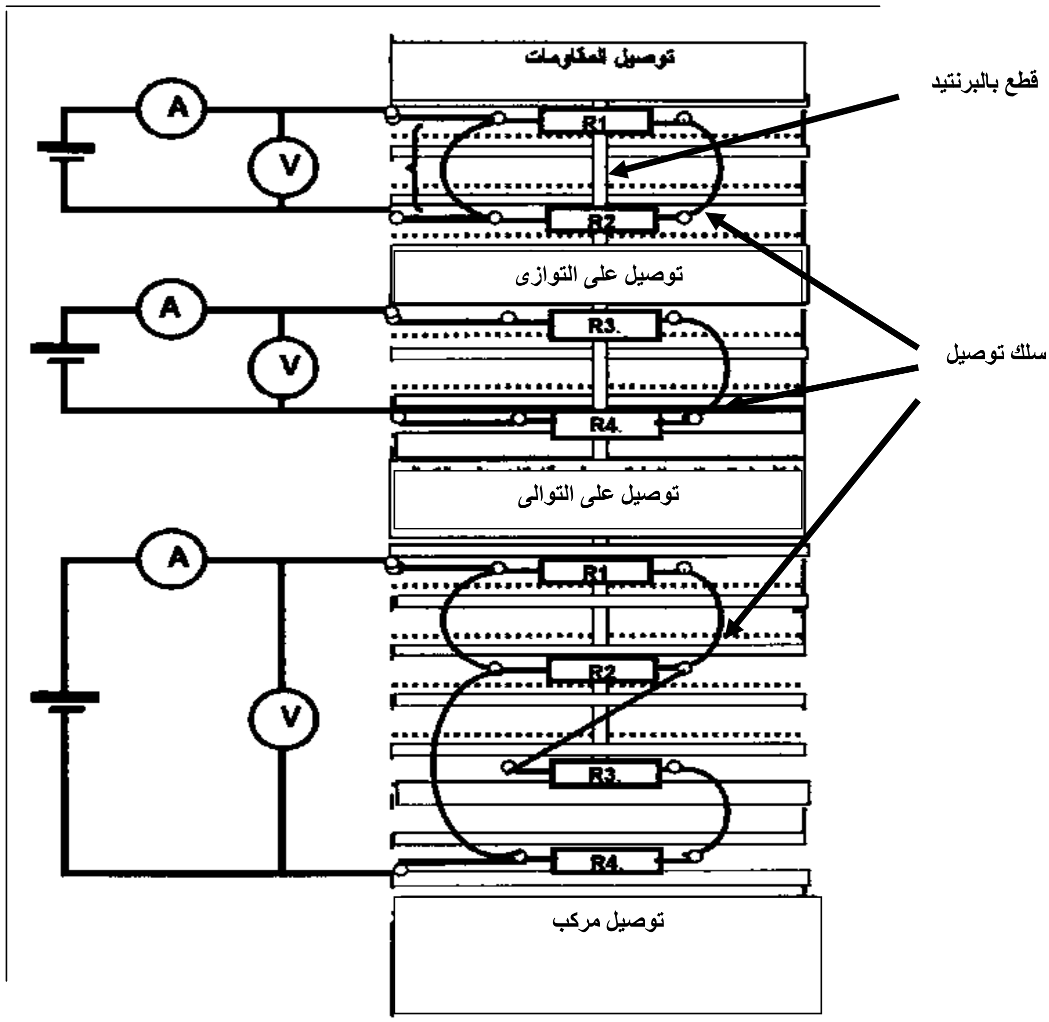
خطوة السابقة مع باقي المقاومات .

ـيل مقاومتين على التوازي واثنين على التوالي مع استخدام قطع من السلك لعمل الوصلات اللازمة ـحة بالشكل(٦- ٦) ونحسب قيمة كل مجموعة باستخدام بشفرة الألوان والقياس بالطريقة المباشرة ـ والغير مباشرة بجهازي الفولتميتر والأميتر ومنبع تيار مستمر ونقارن القراءات .

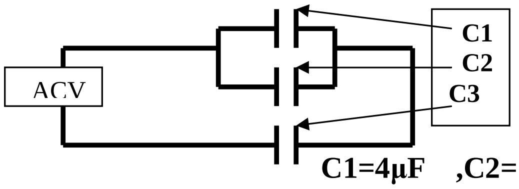
لمجموعتان التوازى والتوالى معا ونحسب المقاومة الكلية .

ـقاومات وتستبدلها بثلاث مكثفات توصل معا كما بالشكل (٦- ٧) ونحسب قيمة السعة الكلية للمجموعة

ـتمرين تكون المهارات المكتسبة هي لحام المقاومات والمكثفات باللوحة المطبوعة وحساب المقاومة ـة في حالتي لتوصيل علي التوازى والتوالى باستخدام شفرة الألوان والقياس المباشر وغير المباشر وكذا ـياس بجهاز الآفوميتر



شكل .(٦ – ٦) دائرة توصيل مقاومات توالى ، توازى ، مركب



C1=4μF ,C2= 6 μF

شكل (٦ – ٧)

مارين دوائر توحيد التيار المتردد ومضاعف ومثبت الجهد :-

على تنفيذ دائرة توحيد نصف موجة.

، على تنفيذ دائرة توحيد موجة كاملة (٢ موحد) .

على تنفيذ دائرة توحيد موجة كاملة (٤ موحد) القنطرة.

على شكل الموجات الكهربية قبل وبعد دوائرة التوحيد (نصف موجة – موجه كاملة).

على تنفيذ دائرة مضاعف.

، على تنفيذ دائرة مثبت الجهد بالترانزستور والزينر دايود.

على تنفيذ دائرة منظم جهد بالدائرة المتكاملة .

دائرة توحيد نصف موجة :

الاستخدامات الصناعية تحتاج إلى تيار مستمر لتشغيلها مثل طلاء المعادن – التحليل الكهربي - تنقية شحن البطاريات – الدوائر الإلكترونية ..... الخ ،ويمكن الحصول على التيار المستمر اللازم لهذه السابقة عن طريق مولدات التيار المستمر ، أو من البطاريات أو عن طريق تحويل التيار المتردد إلى ر و يتم ذلك بعدة طرق أكثرها إنتشاراً استخدام الثنائيات (الدايود) وهى ماسوف نتدرب علية فى نالية .

التمرين الرابع

:

ـحيد نصف موجة

تمرين :

تنفيذ دائرة توحيد نصف موجة

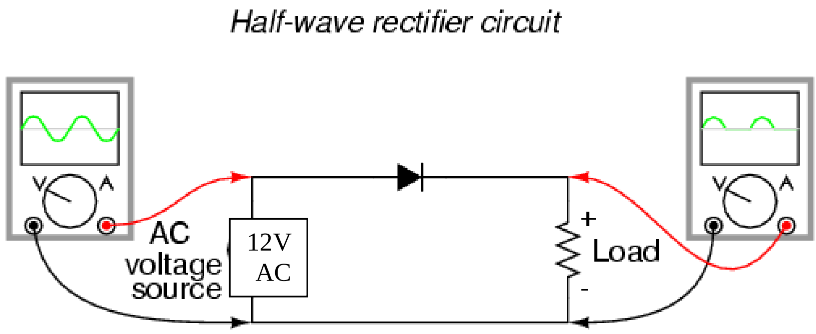
شكل الموجات الكهربية قبل وبعد دائرة التوحيد

خدمة والعدد والأدوات المطلوبة :

	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	العدد والأدوات
	ـهربيV 12- 0 /220	عدد	١	جهاز أفوميتر
	ـلمطبوعة الخاصة بالتمرين الأول	"	١	كاوية لحام قدرة مناسبة
	، دايود	"	١	قصافة بيد معزولة
	وصيل (لعمل الكباري)	م	١٥ سم	جهاز الاوسيلوسكوب
	ـلحام نوع جيد	جم	٢	زرادية ببوز ملفوف
	ـساعد لحام)	علبة	١	مصدر كهربي معد
	ـدة للجميع			

) يبين دائرة توحيد نصف موجة ، تستخدم دايود واحد وهو يسمح بمرورالتيارفى الحمل خلال نصف (يكون الدايود في حالة انحياز أمامي) ولا يسمح بمروره في نصف الموجة السالبة (يكون الدايود في ـي) ، ويكون التيار الناتج عبارة عن أنصاف موجات موجبة (أعلى الخط) يفصل بينها نصف دورة .

دم الخامات (المكونات الإلكترونية) المنصرفة للتمرين الأول للتمرين الثانى وهكذا لباقى التمارين.



رج أنصاف موجات موجبة   الدخل موجة جيبية كاملة

شكل (٦- ٨) يبين دائرة توحيد نصف موجة

الخرج المبينة بدون وضع مكثف تنعيم .

التمرين :

ة التى سيتم استخدامها هي اللوحة التى تم تنفيذها في التمرين الأول السابق فقد صممت لتصلح لعمل ائر توحيد التيار المتردد شكل (٦- ٨) ، وتتبع الخطوات التالية في وضع المكونات ولحامها :

طرفي قاعدة المنصهر F1 في المكان المخصص له بالدائرة وهو في دائرة التيار المتردد .

طرفي الثنائي (الدايود) D1 .

طرفي الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J 1 . وتسمى أيضا (J) Junction .

طرفي الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J 2 .

طرفي الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J 3 .

طرفي قاعدة المنصهر F2 وهو في دائرة الخرج .

طرفي الملف الثانوى للمحول 12 / 220 فولت أى خرج الملف الثانوى ١٢ فولت .

ں جهد <u>الدخل</u> بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) <u>تيار متردد</u> ، مع ضبط المناسب .

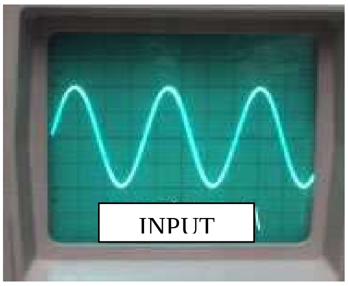
ں جهد <u>الخرج</u> بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) <u>تيار مستمر</u> ، مع تدريج المناسب .

س كل من الدخل والخرج بواسطة راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب) .

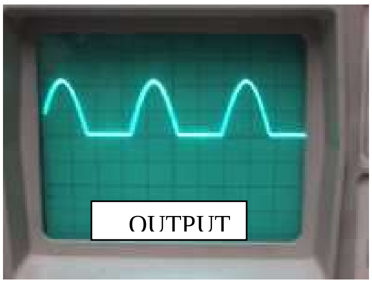
م طرفي المكثف الكيميائي C1 (مع مراعاة القطبية).

طوات القياس ٧ ، ٨ ، ٩ بعد وضع المكثف.

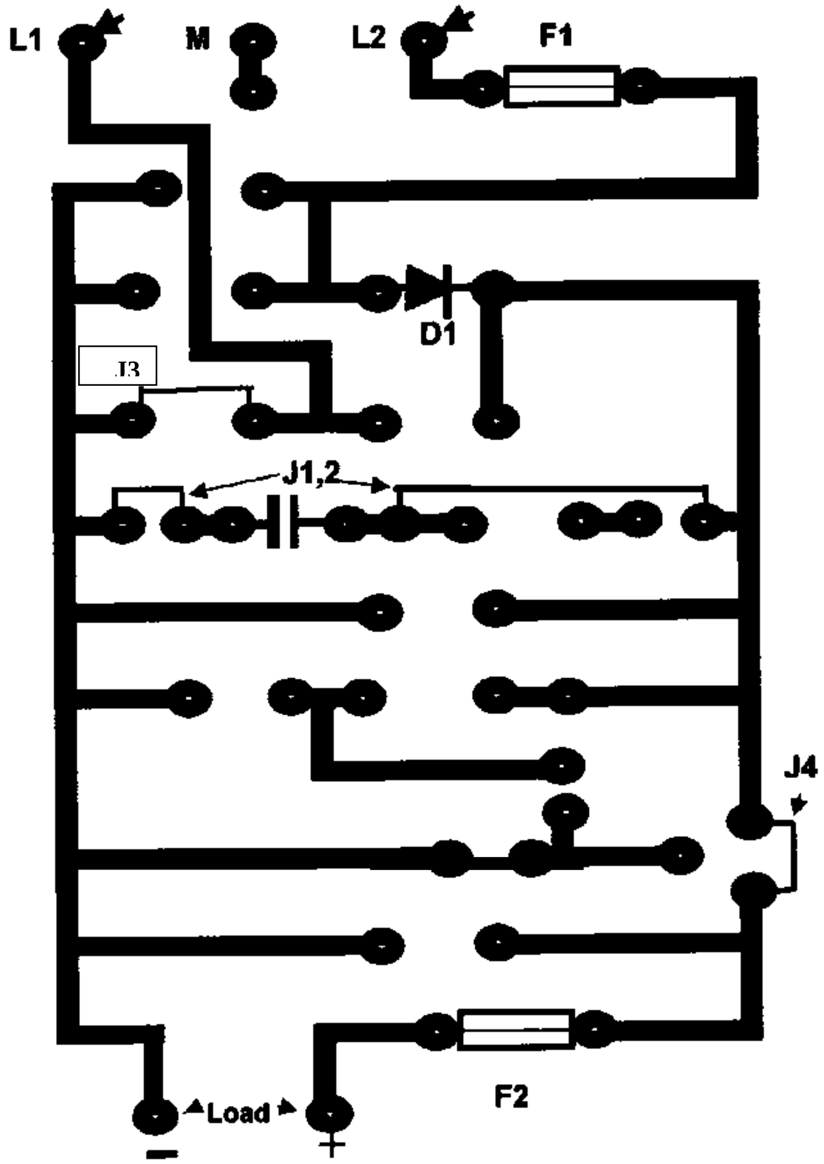
لاحظاتك عن شكل موجات وقيم قياس الجهد .



شكل موجة الدخل AC



شكل موجة الخرج DC قبل وضع المكثف C1



شكل (٦- ٨) اللوحة المطبوعة بعد لحام مكونات دائرة توحيد نصف موجة

توحيد موجة كاملة باستخدام عدد ٢ دايود :

التمرين الخامس

:

ـحيد موجة كاملة باستخدام عدد ٢ دايود .

تمرين :

ب على دراسة دائرة التوحيد موجة كاملة باستخدام عدد ٢ سليكون دايود وتنفيذها على الدائرة ـة.

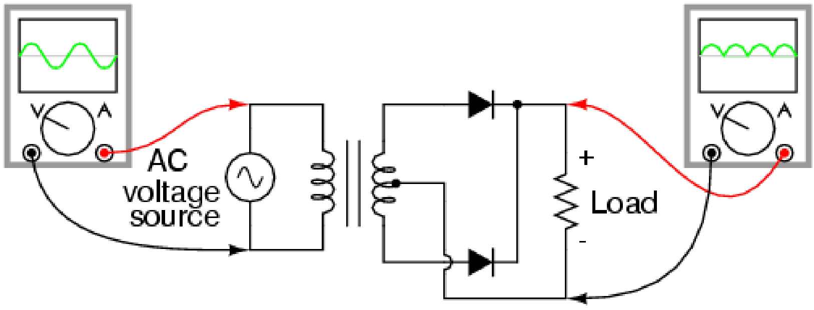
على شكل الموجات الكهربية الداخلة إلى دائرة التوحيد وكذلك شكل الموجات الخارجة منها .

على توصيل المحول ذو نقطة المنتصف للملف الثانوى .

خدمة والعدد والأدوات المطلوبة : (التدريب الثاني)

	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	العدد والأدوات
	ـول كهربيV 12- 0- 220/12	عدد	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق
	ـة المطبوعة الخاصة بالتمرين الثالث	"	١	
	سليكون دايود	"	١	
	سلاك توصيل (لعمل الكبارى)	م	١٥ سم	
	قصدير لحام نوع جيد	جم	٢	
	فلكس (مساعد لحام)	علبة	١	
	علبة واحدة للجميع			

) يبين دائرة توحيد موجة كاملة ، تستخدم عدد ٢ دايود ، إحداهما يسمح بمرور التيار الكهربي في ـف الموجة الموجبة (يكون هذا الدايود في حالة انحياز أمامي ، والثاني في حالة انحياز عكسي) ، ـالب من الموجة يسمح الدايود الثاني بمروره التيارالكهربى في الحمل (يكون هذا الدايود في حالة انحياز في حالة انحياز عكسي) ، التيار الناتج عبارة عن أنصاف موجات موجبة (أعلى الخط) متصلة .



موجات موجبة متصلة   الدخل موجة جيبية كاملة

شكل (٦- ٩) يبين دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام عدد ٢ دايود

التمرين :

صيل المطبوعة (البريتند) :

١٠) نفس الدائرة المطبوعة التى قمت بتنفيذها في التمرين السابق مع اختلاف بعض المكونات .

ـع المكونات ولحامها:

وات تنفيذ نقط اللحام الجيد كما تعلمت من تمارين سابقة) .

م طرفي الثنائي (الدايود) D2 علما بأن الدايود D1 .موجود على اللوحة من التمرين السابق

طرفي الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J1 وهى من نقطة المنتصف للمحول الـى خط للدائرة .

طرف الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J2 .

طرفي قاعدة المنصهر F2 .

طراف الملف الثانوى الثلاثة للمحول 12 , 0 , 12 / 220 فولت .

طرف الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J3 .

ل جهد الدخل بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) تيار متردد ، مع ضبط المناسب .

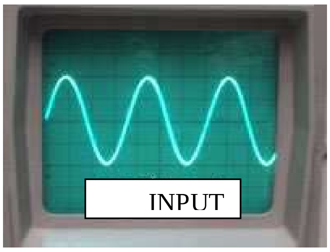
ل جهد الخرج بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) تيار مستمر ، مع جهاز على التدريج المناسب .

ل كل من الدخل والخرج بواسطة راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب) .

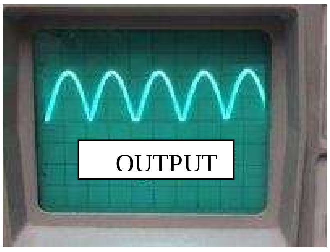
سيل طرف الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J3 .

طوات القياس ٧ ، ٨ ، ٩ .

لاحظاتك عن شكل موجات وقيم قياس الجهد .

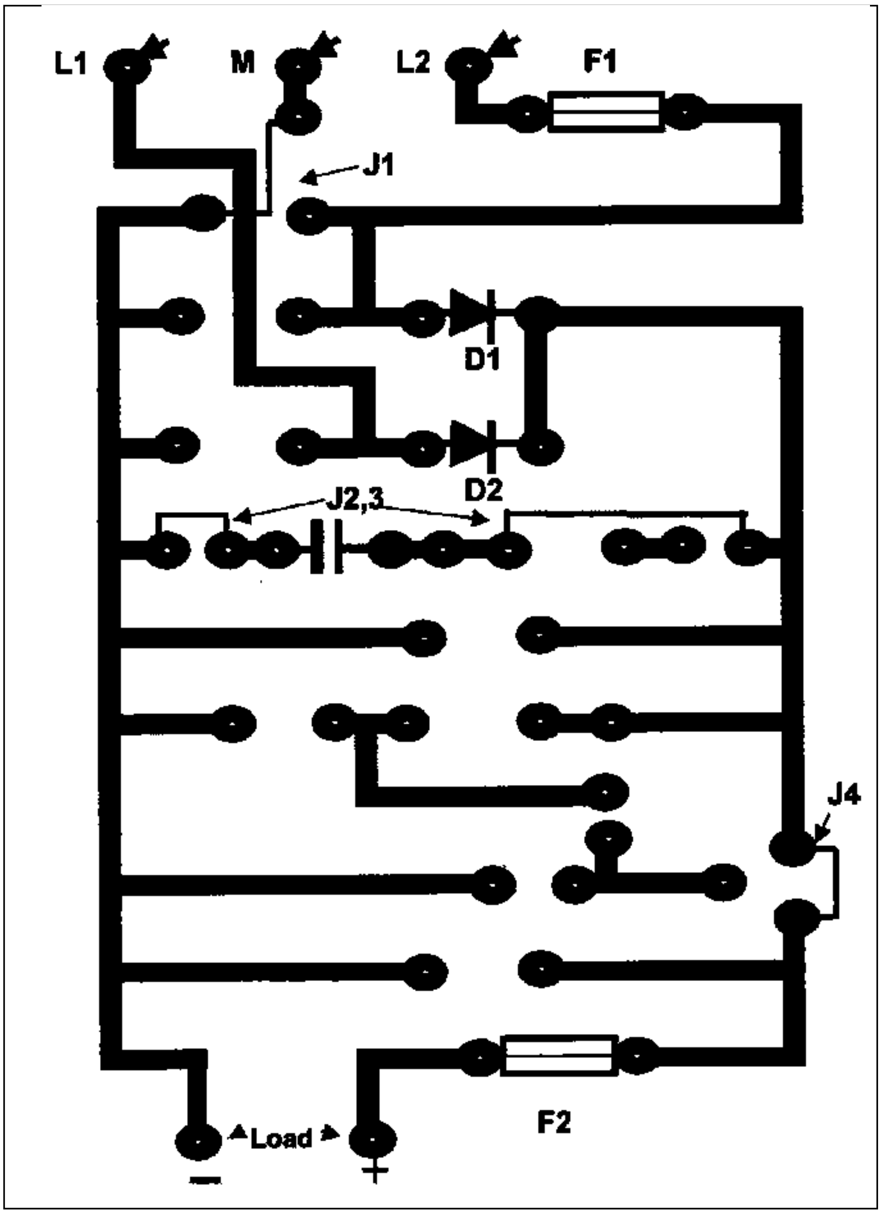


شكل موجة الدخل AC



شكل موجة الخرج DC

قبل وضع المكثف C1



شكل (٦- ١٠) يبين الدائرة المطبوعة لدائرة توحيد موجة كاملة بعدد ٢ دايود

وحيد موجة كاملة باستخدام عدد ٤ دايود أو قنطرة التوحيد :

التمرين السادس

:

حيد موجة كاملة باستخدام عدد ٤ دايود .

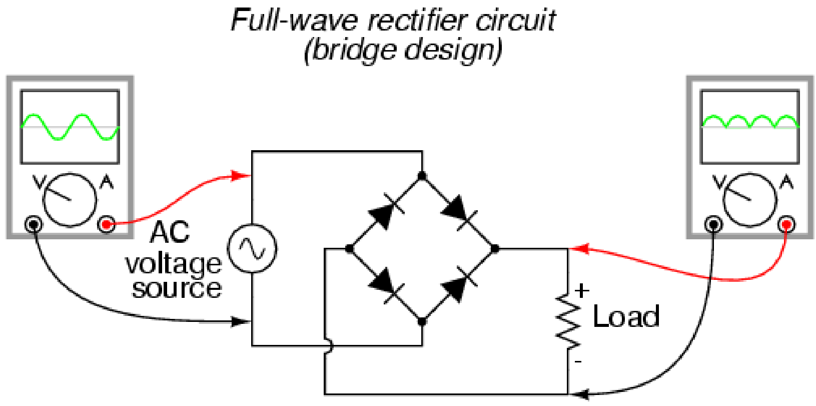
تمرين :

الطلاب علي تنفيذ دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام عدد ٤ دايود (القنطرة) .
على شكل الموجات الكهربية الداخلة إلى دائرة التوحيد موجة كاملة ، وكذلك شكل الموجات الخارجة

خدمة والعدد والأدوات المطلوبة : (**التدريب الثالث**)

	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	العدد والأدوات
	هربي V 12- 0 /220	عدد	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق
	لمطبوعة الخاصة بالتمرين الرابع	"	١	
	، دايود	"	٢	
	وصيل (لعمل الكباري)	م	١٥ سم	
	لحام نوع جيد	جم	٢	
	ساعد لحام)	علبة	١	
	حدة للجميع			

) يبين دائرة توحيد موجة كاملة ، تستخدم عدد ٤ دايود ، D1 , D3 يسمحان بمرور التيار الكهربي نصف الموجة الموجبة (يكون D1 , D3 في حالة انحياز أمامي ، D2 , D4 في حالة انحياز عكسي) ، الب من الموجة يسمح D2 , D4 بمروره التيارالكهربى في الحمل (يكون D2 , D4 في حالة انحياز D في حالة انحياز عكسي) ، التيار الناتج عبارة عن أنصاف موجات موجبة (أعلى الخط) متصلة .



الدخل موجة جيبيه كاملة   الخرج أنصاف موجات موجبة متصلة

شكل (٦- ١١) يبين دائرة توحيد موجة كاملة باستخدام عدد ٤ دايود (القنطرة)

التمرين :

نفيذ نقط اللحام الجيد كما تعلمت من تمارين سابقة) واستخدم الدائرة نفس الدائرة المطبوعة التى قمت

ين السابق وعليها الموحدان D1 , D2 والمكثف والمنصهران F1، F2 شكل (٦- ١٢).

طرفي ثنائيي (الدايود) D3 , D4 .

طراف الملف الثانوى للمحول 0 - 12V / 220 .

طرف الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J3 .

ى جهد الدخل بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) تيار متردد ، مع ضبط

المناسب .

ى جهد الخرج بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) تيار مستمر ، مع

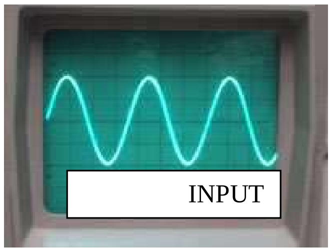
دريج المناسب .

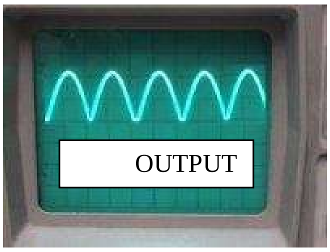
ى كل من الدخل والخرج بواسطة راسم الإشارة (الأوسيلوسكوب) .

ل طرف الوصلة السلكية (الكوبري wire bridge) J3 .

طوات القياس ٧ ، ٨ ، ٩ .

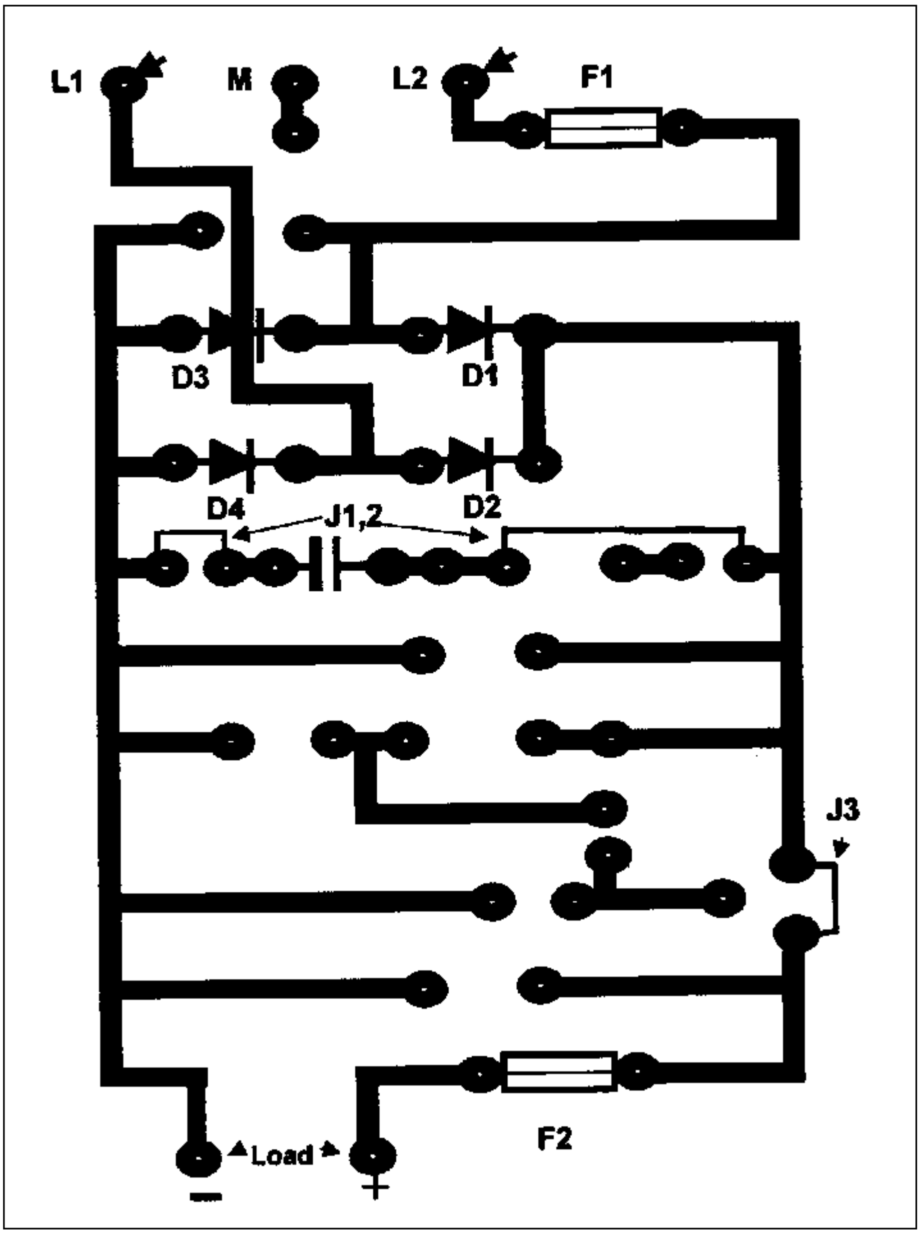
حظاتك عن شكل موجات وقيم قياس الجهد .





شكل موجة الدخل AC   **شكل موجة الخرج DC**

قبل توصيل المكثف C1



شكل (٦- ١٢) يبين دائرة توحيد موجة كاملة ، تستخدم عدد ٤ دايود

مضاعف جهد :

التمرين السابع

:

ضاعف جهد .

تمرين :

الطلاب علي تنفيذ دائرة مضاعف الجهد .

خدمة والعدد والأدوات المطلوبة : (التدريب الرابع)

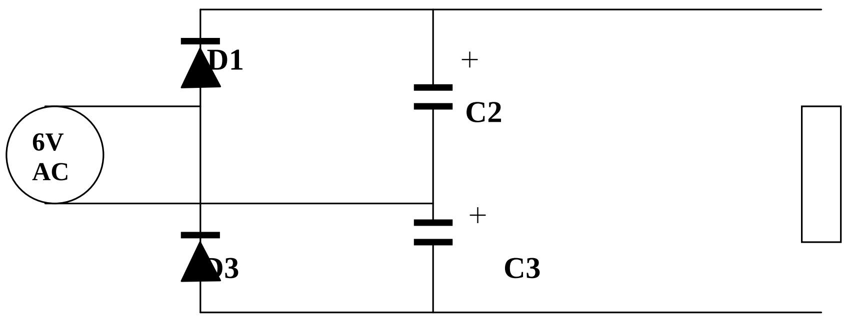
	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	العدد والأدوات
	هربي 12V -0 /220	عدد	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق
	لمطبوعة الخاصة بالتمرين الخامس	"	١	
	كحيائي 25V / 470µF	"	٢	
	وصيل (لعمل الكبارى)	م	١٥ سم	
	لحام نوع جيد	جم	٢	
	ساعد لحام)	علبة	١	
	حدة للجميع			

لجهد

لحصول علي جهد ضعف جهد المنبع .

ئرة

المكثف C2 بمقدار النهاية العظمى للجهد Vm في النصف الموجب للموجة ، وفى النصف السالب مكثف C3 بنفس المقدار . وحيث أن المكثفين C2,C3 موصلين على التوالى فإن الجهد الخارج إلى جموع الجهدين على المكثفين C2,C3 أى يساوى (2Vmax.).والشكل (٦- ١٣) يبين الدائرة



الشكل (٦- ١٣) دائرة مضاعف جهد

التمرين :

نفيذ نقط اللحام الجيد كما تعلمت من تمارين سابقة) واستخدم نفس الدائرة المطبوعة التى قمت بتنفيذها

ق بما عليها من مكونات). الشكل (٦- ١٤)

كثفين C2,C3 مكان (الدايود) D3 , D4 .

اف الملف الثانوى للمحول 12V - 0 / 220 .

أطراف الوصلات السلكية (الكوبرى wire bridge) الموضحة علي اللوحة المطبوعة شكـــــــــل

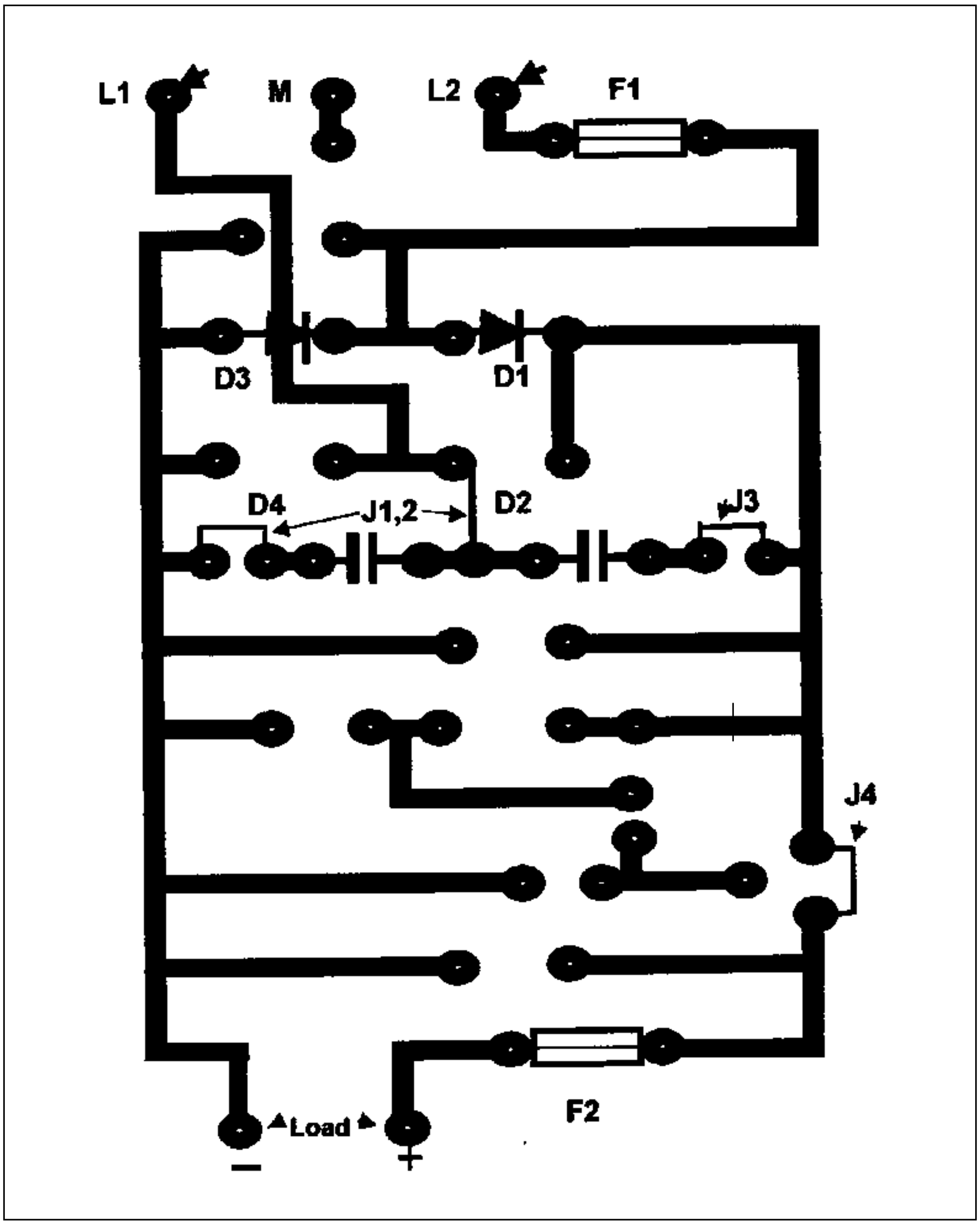
هد الدخل بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) تيار متردد ، مع ضبط

ب .

هد الخرج بواسطة جهاز الفولتميتر أو الآفوميتر في وضع قياس الجهد (V) تيار مستمر ، مع ضبط

ب .

لاتك عن قياس قيم الجهد قبل وبعد دائرة مضاعف الجهد .


L1
M
L2
F1
D3
D1
D4
J1,2
D2
J3
J4
Load
F2
−
+

شكل (٦- ١٤)

مثبت جهد بالترانزستور والزينر :

التمرين الثامن

:

ثبت جهد بالترانزستور والزينر.

تمرين :

دور الزينر في تثبيت الجهد . حيث أن جهد انهيار الزينر ثابت وهو الموجود على قاعدة الترانزستور
ل الخرج ثابت ز
الزينر في الانحياز العكسي له (عكس توصيل الدايود العادى) .

د والأدوات المستخدمة :

	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	العدد والأدوات
	هربي 220/ 0 -12 V	عدد	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق
	لمطبوعة الخاصة بالتمارين	"	١	
	دايود	"	٤	
	ود 5.6V	"	١	
	ور رقم BD241	"	١	
	1000 µF 25V	"	١	
	470 n	"	١	
	كربونية 1KΩ 0.5W	"	١	
	وصيل (لعمل الكبارى)	م	١٥ سم	
	لحام نوع جيد	جم	٢	
	ساعد لحام)	علبة	١	
	حدة للجميع			

التمرين :

ض التعديلات على التمرين السابق (دائرة توحيد الموجة كاملة) علي أن يكون دخل الدائزة باتباع -:

لحام أطراف الوصلات السلكية (الكوبري wire bridge الموضحة علي اللوحة المطبوعة ولحام تور والمقاومة والزينر حسب الدائرة الموضحة بالشكل (٦ – ١٥ أ)

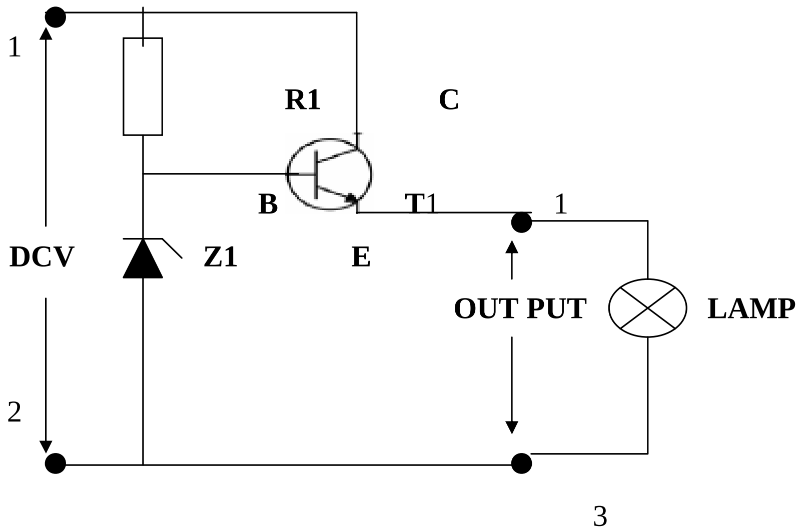
المقاومة R1 .

الزينر Z1 (أحرص في عملية اللحام أن زمن تلامس الكاوية مع طرفي الزينر لاتتعدى بضعة ثوان)

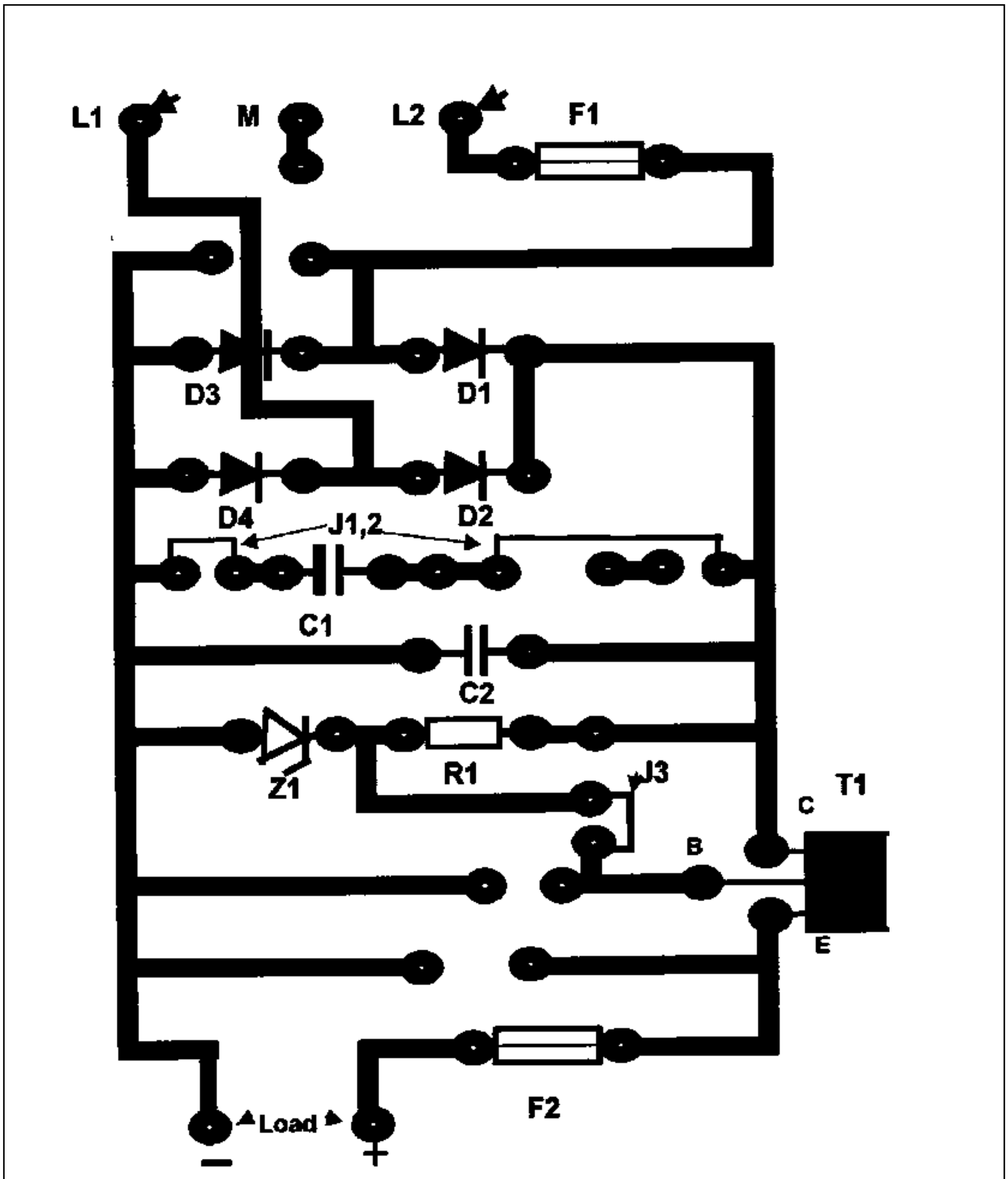
أطراف الترانزستور مع مراعاة القطبية السليمة كما بالرسم شكل (٦ – ١٥ ب) .

تركيب حمل وليكن لمبة ٦ أو ١٢ فولت .

الجهد علي أطراف الدخل (١ ، ٢) وأيضا علي أطراف الحمل (٢ ، ٣) كما في التمارين السابقة .



شكل (٦ – ١٥ أ) دائرة مثبت جهد بالترانزستور والزينر



شكل (٦ – ١٥ ب) مثبت جهد بالترانزستور والزينر

مثبت جهد بالدائرة المتكاملة :

التمرين التاسع

:

ثبت جهد بالدائرة المتكاملة .

تمرين :

ـ على استخدام الدوائر المتكاملة في تثبيت جهد التيار المستمر .

ـ على معرفة طرف الدخل وطرف الخرج والطرف السالب للمتكاملة .

ت المستخدمة :

	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	العدد والأدوات
	هربيV 12- 0 /220	عدد	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق
	كاملة IC رقم 7812	"	١	
	لمطبوعة الخاصة بالتمارين	"	١	
	دايود	"	٤	
	470 n	"	٢	
	وصيل (لعمل الكبارى)	م	١٥ سم	
	لحام نوع جيد	جم	٢	
	ساعد لحام)	علبة	١	
	حدة للجميع			

التمرين :

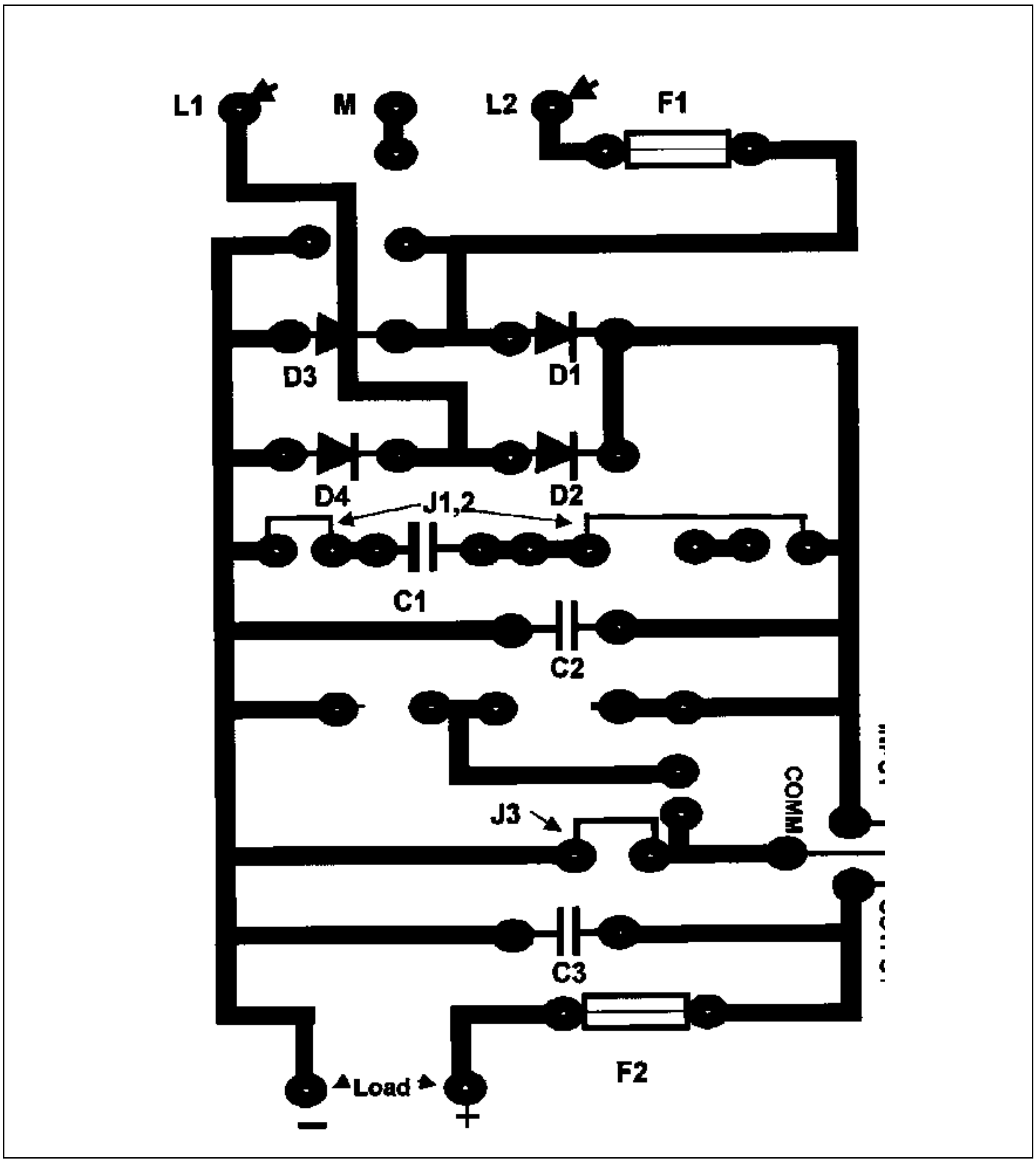
طراف الوصلات السلكية (الكوبرى wire bridge الموضحة علي اللوحة المطبوعة شكل (٦ – ١٥

فين C2 , C1 في الأماكن المحددة لهما (ليس لهما قطبية) .

م الجهد (الدائرة المتكاملة) مع مراعاة أطراف التوصيل (الدخل input) – (الخرج output)

صل بالقطب السالب للدائرة .

الجهد كما فى التمارين السابقة .



شكل (٦- ١٦) دائرة منظم جهد بالدائرة المتكاملة

ائر التحكم :

التمرين العاشر

:

لتحكم في سرعة محرك تيار مستمر (أو المحرك العام) بواسطة الثايرستور.

تمرين :

، على دراسة طرق التحكم بواسطة الثايرستور.

على قياس الجهد الكهربي على الأحمال مع تغيير زاوية إشعال الثايرستور.

خدمة والعدد والأدوات المطلوبة :

	اسم الصنف	الوحدة	الكمية	العدد والأدوات
	R1 10 KΩ 5W	عدد	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق محرك تيار مستمر أو محرك عام قدرة صغيرة
	تغيرة VR1 1 KΩ 2W	"	١	
	دايود D1,D2 IN004	"	٢	
		"	١	
	يختارحسب قدرة المحرك العام Th1	"	١	
	فرد	متر	٠.٥	
	وصيل	جم	٢	
	لحام نوع جيد	علبة	١	
	ساعد لحام)			
	حدة للجميع			

التمرين :

صور لوضع مكونات الدائرة على اللوحة المطبوعة الجاهزة أو تصميم لوحة مطبوعة كما تعلمنا سابقا .

المكونات الإلكترونية فى الثقوب الخاصة بها على اللوحة المطبوعة.

ووضع المكونات (المقاومات – الثنائيات المقاومة المتغيرة– الثايرستور) بشكل منظم وبمسافات بين كل منها.

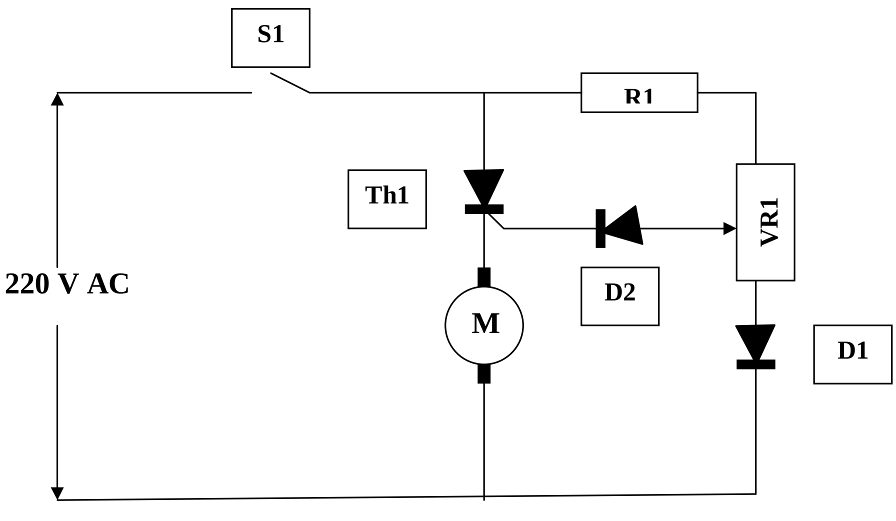
م المكونات بطريقة جيدة والتأكد من عدم وجود قصر بقصدير اللحام وذلك بالفحص الجيد بالنظر .

، توصل اطراف المكونات ببعضها (كما بالدائرة الكهربية) عن طريق أسلاك رفيعة مناسبة .

لدائرة بجهاز الآفوميتر للأطمئنان على عدم وجود قصر أو تلامس بين أطراف المكونات غير المتصلة .

الدائرة في وجود السيد مدرس الفرقة .

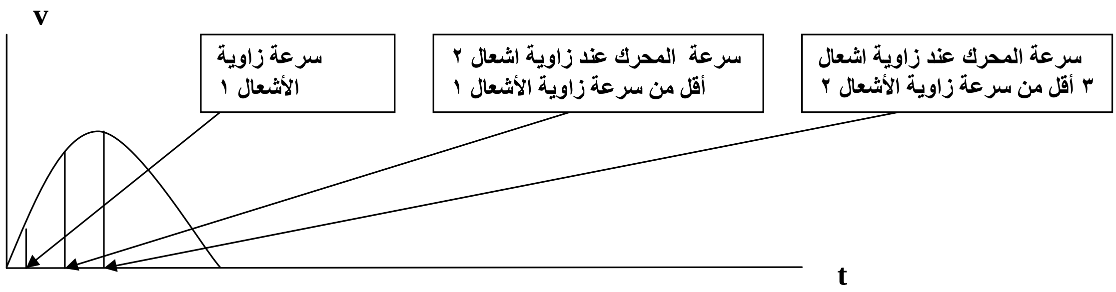
يصا في التعامل مع هذه التمارين حيث أنها تعمل على جهد ٢٢٠ فولت ، لتلافى حدوث القصر الكهربي دمة الكهربية .



شكل (٦- ١٧) دائرة تحكم في سرعة محرك تيار مستمر بواسطة الثايرستور

:

ة بدائرة تحكم نصف موجة وجه واحد للتحكم في سرعة المحركات العامة .ويتم التحكم في سرعة
اسطة تحريك ذراع المقاومة المتغيرة (مجزئ الجهد) VR1 وذلك للتحكم في وقت إشعال الثايرستور
تيار المتغير ، وسرعة المحرك في هذه الدائرة لاتصل إلى السرعة المقننة لأنها دائرة نصف موجة .



<u>) يبين علاقة السرعة بزاوية إشعال الثايرستور عن طريق مجزئ الجهد VR1</u>

مغير شدة الإضاءة بواسطة الترياك :-

التمرين الحادى عشر

:

(Light dimmer)

تمرين :

ى دراسة طرق التحكم بواسطة الترياك .

على قياس الجهد الكهربى على الأحمال مع تغيير زاوية إشعال الترياك.

الدياك لإشعال الترياك .

خدمة والعدد والأدوات المطلوبة :

	اسم الصنف	العدد	العدد والأدوات
	ياك T1 6A 400V	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق محرك تيار مستمر أو محرك عام قدرة صغيرة
	اك D1	١	
	اومة R1 10KΩ ½W	١	
	اومة R2 1.5MΩ ½W	١	
	اومة متغيرة VR1 300 KΩ	١	
	كثف C1 0.1 µf 400V	١	
	ثف C2 0.1 µf 50V	١	
	عة دائرة مطبوعة مثقبة ٥٠ * ٦٠ مم	١	
	عةالمونيوم٤٠ *٢٠ * ١.٥ مم بالمسمار والصامولة	٢ جم	
	سدير لحام + فلكس	١	

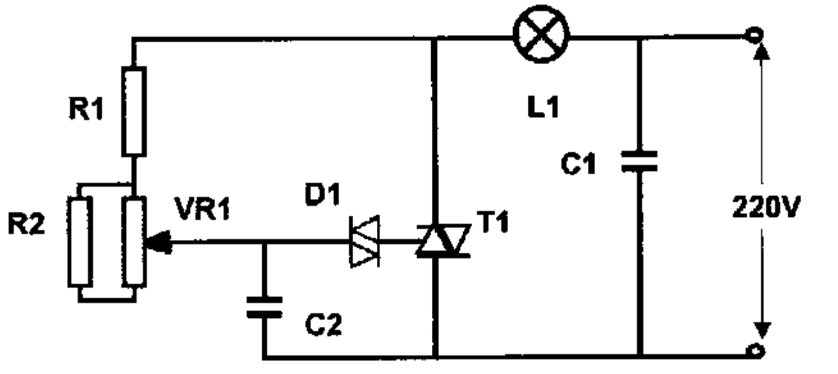
	صباح كهربى ١٠٠ وات		

التمرين :

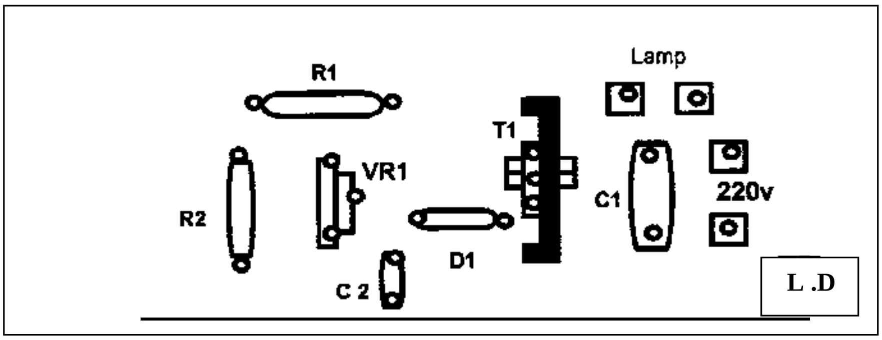
لمطبوعة (البرنتد) : هي إحدى اللوحتين المذكورتين في التمرين السابق

التمرين :

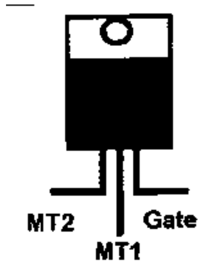
تختلف عن الطريقة بالتمرين السابق إلا من حيث اختلاف الدائرة ومكوناتها وكذلك مراعاة الشروط تنفيذ هذه النوعية من التمارين وأيضا قواعد الأمن والسلامة .



شكل (٦- ١٩) يبين دائرة خافت للإضاءة .



شكل (٦- ٢٠) يبين ترتيب وضع مكونات الدائرة علي اللوحةالمطبوعة .



شكل (٦- ٢١) يبين أطراف الترياك

تعمل بواسطة المقاومة الضوئية LDR :-

التمرين الثاني عشر

:

حكم تعمل بواسطة المقاومة الضوئية

لتمرين :

ـ على تنفيذ دوائر التحكم بواسطة المقاومة الضوئية .

ـ على استخدام الريلاى ضمن دوائر التحكم لتشغيل أحمال ذات ضغوط أعلى من ضغط تغذية الدائرة أو عنه .

خدمة والعدد والأدوات المطلوبة :

	اسم الصنف	**العدد**	**العدد والأدوات**
	ـة R1 33 Ω 1W	٨	نفس العدد والأدوات المستخدمة بالتمرين السابق
	ـة متغيرة VR1 1K Ω	٩	
	ـة ضوئية LDR ORP 12	١٠	
	ـ D1-D2 1N4004	١١	
	ـ C1 2200 UF/35 v	١٢	

	١٣	220 /0- 12V ى	
	١٤	12 VDC /220VAC3A ى	
		TR1 D400 زستور	

التمرين :

لمطبوعة (البرنتد) :

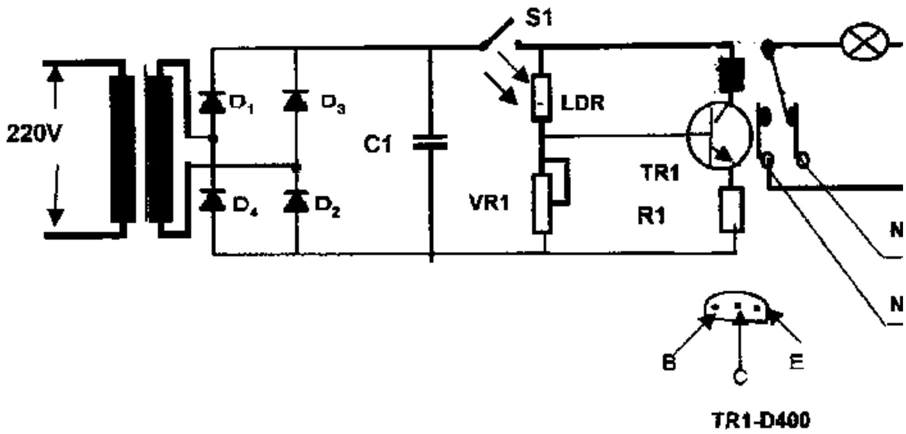
تين المذكورتين في التمرين السابق ويتم ترتيب وضع المكونات علي اللوحة المطبوعة شكل (٦ــ ٢٢) .

التمرين :

تختلف عن الطريقة بالتمرين السابق إلا من حيث اختلاف الدائرة ومكوناتها لذلك يتم التعرف على تور كما هو موضح شكل (٦ ــ ٢٢) وكذلك مراعاة الشروط الموضحة أثناء تنفيذ هذه النوعية من قواعد الأمن والسلامة .

دائرة :

الكهربي بغلق المفتاح S1 ، عندما يسقط الضوء علي المقاومة الضوئية LDR تنخفض مقاومتها مما ادة الجهد علي قاعدة الترانزستورويتحول إلي حالة الغلق مما يؤدى إلي تكملة دائرة ملف المرحل (مر تيار وتنجذب الحافظة إلي جهة الملف فيتحول الملامس المفتوح NO إلي وضع الغلق ويصل تيار صباح فيضئ ويحدث العكس عندما يحجب الضوء عن المقاومة الضوئية شكل (٦- ٢٢) يبين دائرة اسطة المقاومة الضوئية.



شكل (٦- ٢٢) يبين دائرة تحكم تعمل بواسطة المقاومة الضوئية.

تعمل بواسطة الترانزستور الضوئى :-

التمرين الثاني عشر

:

عمل بواسطة الترانزستور الضوئى .

تمرين :

ى تنفيذ دوائر التحكم بواسطة الترانزستور الضوئي .

التمرين :

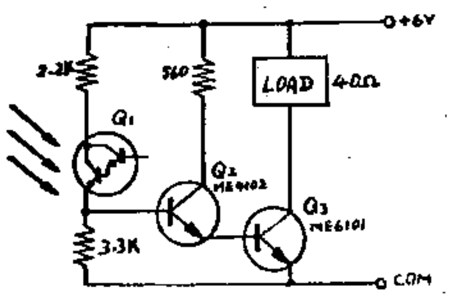
تمرين السابق إلا من حيث اختلاف الدائرة ومكوناتها .

	اسم الصنف	العدد	العدد والأدوات
	ترانزستور ضوئي FBT 100 A Q1	١	نفس العدد والأدوات المستخدمة
	ترانزستور BC 238 Q2	١	بالتمرين السابق

	ترانزستور BC 237 Q3	١	
	مقاومة 560 Ω 0.5W R1	١	
	مقاومة 2 .2 K Ω0.25W R1	١	
	مقاومة 3 .3 K Ω 0.25W R1	١	
	ريلاى 6V مقاومة الملف لاتقل عن 40 Ω	١	

٢) يبين الدائرة ومكوناتها وطريقة التوصيل .

<u>تختلف عن الطريقة بالتمرين السابق إلا من حيث اختلاف الدائرة ومكوناتها وكذلك مراعاة الشروط تنفيذ هذه النوعية من التمارين وأيضا قواعد الأمن والسلامة .</u>



الشكل (٦ – ٢٣) يبين الدائرة ومكوناتها وطريقة التوصيل .

الفهرس

المنهج المعملي

المنـهج العملي

المراجع العلمية العربية

فزياء – تأليف : ف . بوش (أستاذ الفزياء بجامعة دايتون)

بد الجزيري ، د . محمد أمين سليمان –

جدى عبد المقصود النادى دار ماكجروهيل للنشر - ١٩٩٠.

رونيات – أ جريبتسوف

فزياء – إعداد :أ .د .محمود إبراهيم فهمي ، أ . د .أحمد محمد فتحي، د فتحي علي عسكر ، د .حبيب

، د. مصطفي درويش عمار جامعة الأسكندرية – مركز الشهابي للطباعة والنشر ١٩٨٦

خل المباني (د / يحي حموده)

، مجلتي الكهرباء العربية و الإلكترونيات والكمبيوتر

ة في هذا المجال

س (م / أحمد مختار)

المراجع العلمية الأجنبية

References

1- Transistor Electronics

Howard H.Gerrishus.A1996

2-Electronics for the service Engineer

(Part1 and part 2)Ian R.Sinclair 1980

3-Electricity and basic Electronics

Atophen R.Matr 1977

ثانيًا : المنهج المعملي

تجربة رقم ١ :

التعرف على أجهزة القياس واستخداماتها لقياس الجهد والتيار المتغير والمستمر.

تجربة رقم ٢ :

تحقيق قانون أوم – حساب قيمة مقاومة مجهولة ومقارنتها بقيمة مقاومة معلومة.

تجربة رقم ٣ :

دراسة توصيل المقاومات " توالي – توازي " ومعرفة خواص كل منها.

تجربة رقم ٤:

كيفية تعيين حث الملف وسعة المكثف .

تجربة رقم ٥ :

تحقيق قانونا كيرشوف للتيار والجهد .

تجربة رقم ٦ :

دراسة خواص ثنائي السيليكون .

تجربة رقم ٧ :

دراسة خواص ثنائي الزينر .

تجربة رقم ٨ :

دراسة خصائص الترانزستور ثنائي الوصلة .

أولاً : التعرف على مكونات وتجهيزات المعمل :

مقدمة : قبل أن نتعرف على مكونات المعمل يجب أن نعلم متطلبات الأمان عند العمل بالمعمل

١- يجب استخدام موصلات مقننة ذات أطراف توصيل معزولة .

٢- يجب تحديد الأجهزة اللازمة لإجراء التجربة واستبعاد أى أجهزة غير مطلوبة حتى لا توصل توصيلاً خاطئاً .

٣- يجب فصل الأجهزة والموصلات في حالة عدم توصيل الجهد الكهربي المغذى لها .

٤- في حالة إنصهار المصهرات بالأجهزة يجب البحث عن سبب انصهار المصهر وإزالة العطل المسبب له قبل استبدال المصهر بمصهر آخر جديد وذلك هو الأفضل .

٥- قبل توصيل الجهد لدائرة القياس يجب مراجعة التوصيلات والتأكد من صحتها وكذلك مدى القياس المطلوب .

٦- يجب استخدام مصهر التيار المناسب لكل جهاز (مستمر أو متغير) وكذلك قيمة الجهد لمصدر التيار .

٧- يتوفر في معامل الهندسة الكهربية ومعامل الهندسة الالكترونية توصيلات الأراضى المقننة ، فيجب التأكد أن توصيلات الأرضى الخاصة بالأجهزة والتجارب موصلة توصيلاً سليماً . ولا يجب إغفال توصيلات الأرضى .

٨- لا تمزح أثناء وجودك بمعمل الهندسة الكهربية وبمعمل الهندسة الالكترونية ويجب الاهتمام بإتباع إرشادات المدرس .

التعرف على مكونات المعمل الأساسية :

١- تعرف على مصادر التيار بالمعمل وأماكن مفاتيح الفصل والتوصيلات لها، وذلك لاستخدامها عند الضرورة أو في حالة حدوث أى طارئ .

٢- حدد الجهود المستخدمة في المعمل مثل منبع التيار المتغير ثلاثي الوجه ٣٨٠ فولت ومنبع التيار المتغير ذو الوجه الواحد ٢٢٠ فولت ومنبع التيار المستمر والجهود المتوفرة لكل منهم وسجل هذه البيانات بالتفصيل .

٣- حدد الأجهزة المستخدمة في دوائر التيار وإرسم العلامات المدونة على لوحة بياناتها.

٤- حدد توصيلات الأرض بالمعمل وتعرف على طريقة توصيلها بأمان للأجهزة أو التجارب .

التعرف على بعض الأجهزة الرئيسية وإستخدامها:

١- تعرف على أجهزة الفولتيمتر والأميتر والآفوميتر ولاحظ أن الفولتميتر يوصل دائماً على التوازى مع الدائرة وأن الاميتر يوصل دائماً على التوالي معها – وأن الآفوميتر يمكن أن يؤدى أكثر من وظيفة طبقاً لإختيار وضع المفاتيح الخاصة به .

٢- استخدام الآفوميتر لقياس الجهود المختلفة لكافة مصادر التيار الكهربي بالمعمل.

٣- تعرف على جهاز " مصدر التيار المستمر " وطريقة الحصول على جهد مستمر منه – وغير المصدر وإستخدام الآفوميتر في قياسه .

تجربة رقم (١)

التعرف على أجهزة القياس واستخداماتها لقياس الجهد

والتيار المتغير والمستمر

الاجهزة والمعدات اللازمة:

١- وحدة تغذية (Power Supply) ذات جهد (من صفر – ١٠ فولت) مزودة بجهاز فولتميتر يوضح جهد الوحدة .

٢- جهاز فولتميتر مداه من (صفر إلى ١٠ فولت)

٣- اسلاك توصيل

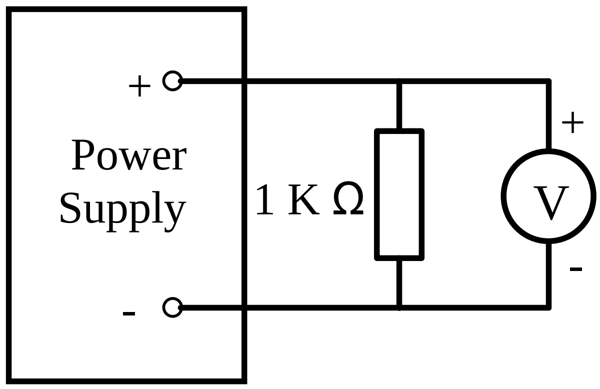
٤- مقاومة كربونية 1KΩ واحد وات .

٥- لوحة توصيلات لعمل القياسات.

خطوات العمل :

أولاً : قياس الجهد المستمر :

١- وصل دائرة القياس كما بشكل (١) مع مراعاة أن جهاز الفولتميتر يوصل على التوازى مع المقاومة مع مراعاة فصل مفتاح تشغيل وحدة التغذية Power Supply .



شكل (١)

٢- اضبط جهاز الفولتميتر لقياس الجهد المستمر مع مراعاة قطبيه الجهاز بالمنبع كما بشكل (١) ويتم توصل طرف الجهاز الموجب بالطرف الموجب للمنبع وكذلك الطرف السالب للجهاز بالطرف السالب للمنبع.

٣- اختر مدى تدريج مناسب للجهاز قبل توصيل التيار الكهربي من المنبع.

٤- إضبط خرج وحدة التغذية على صفر ثم شغل مفتاح توصيل التيار الكهربي بها .

٥- اقرأ وسجل قراءة جهاز الفولتميتر كي تعين فرق الجهد على طرفي المقاومة المقابل لخرج وحدة التغذية في هذه الحالة في الخانة الأولى من الجدول الآتي :

خرج منبع التغذية بالفولت	٠	٢	٤	٦	٨	١٠
قراءة الفولتميتر بالفولت						

٦- أعد ضبط جهد الخرج وذلك بزيادة خرج وحدة التغذية الى القيم المبينة بالجدول ثم سجل قراءة الفولتميتر المقابلة لكل زيادة في الجدول .

٧- أعد مفتاح خرج وحدة التغذية الى الصفر ثم أفصل مفتاح تشغيل هذه الوحدة.

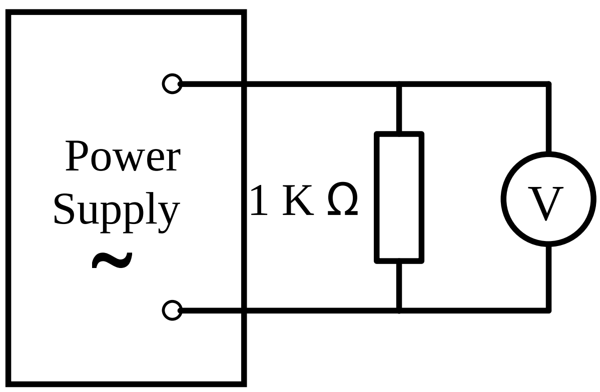
٨- أرسم العلاقة بين خرج وحدة التغذية كمحور رأسي وقراءة الفولتميتر كمحور أفقى على رسم بيانى .

٩- ماذا تستنتج من الرسم ؟

ثانياً : قياس الجهد المتردد :

١- اضبط وحدة التغذية لتعطي تياراً متردداً كما في شكل (٢) مع الاستمرار في توصيل نفس الدائرة السابقة.

٢- اضبط جهاز الفولتميتر لقياس الجهد المتغير.



شكل (٢)

٣- اختر مدى تدريج مناسب للجهاز قبل توصيل التيار الكهربي بوحدة التغذية.

٤- اضبط خرج وحدة التغذية على صفر ثم شغل مفتاح وحدة التغذية.

٥- اقرأ وسجل قراءة جهاز الفولتميتر المقابل لخرج وحدة التغذية في هذه الحالة في الجدول الآتي:

خرج منبع التغذية بالفولت	٠	٢	٤	٦	٨	١٠
قراءة الفولتميتر بالفولت						

٦- أعد ضبط جهد الخرج وذلك بزيادة خرج وحدة التغذية الى القيم المبينة بالجدول ثم سجل قراءة الفولتميتر المقابلة لكل زيادة.

٧- أعد مفتاح خرج وحدة التغذية إلى الصفر ثم إفصل مفتاح تشغيل هذه الوحدة ثم افصل الدائرة.

٨- ارسم العلاقة بين خرج وحدة التغذية كمحور رأسي وقراءة الفولتميتر كمحور افقي على ورقة رسم بيانى.

٩- ماذا تستنتج من الرسم ؟

ثالثاً : قياس التيار المستمر :

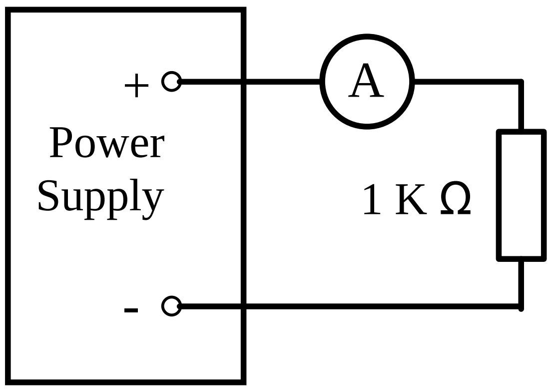
الأجهزة والمعدات المطلوبة :

١- وحدة تغذية (من صفر حتى ١ أمبير) ذات جهاز أمبير يوضح تيار خرج الوحدة.

٢- جهاز امبيرومتر حساس من (صفر-١) أمبير .

٣- مقاومة كربونية واحد كيلو أوم – واحد وات .

٤- اسلاك توصيل .



شكل (٣)

٥- لوحة توصيلات لعمل القياسات .

خطوات العمل

١-وصل دائرة القياس كما بشكل (٣) مع مراعاة أن جهاز الأمبيرومتر على التوالي مع المقاومة.

٢-اضبط جهاز الامبيرومتر لقياس التيار المستمر مع مراعاة قطبية الجهاز بالمنبع.

٣-اختر مدى تدريج مناسب للجهاز قبل توصيل التيار الكهربي لوحدة التغذية.

٤-إضبط خرج وحدة التغذية على صفر ثم شغل مفتاح توصيل التيار الكهربي لها.

٥-اقرأ قيمة التيار المار في المقاومة بأخذ قراءة الأمبيرومتر المقابلة وسجل هذه القراءة في الخانة الأولي من الجدول الآتي:

خرج منبع التغذية بالميللى أمبير	٠	٢٠٠	٤٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٠٠٠
قراءة الأمبيرومتر بالميللى أمبير						

٦- زد خرج وحدة التغذية إلى (٢٠٠ مللي أمبير) وسجل قراءة الامبيرومتر في الخانة الثانية من الجدول .

٧-كرر الخطوة السابقة بزياد الخرج الى القيم الموضحة بالجدول وسجل قراءة الامبيرومتر المقابلة لكل زيادة في الخانة المناسبة من الجدول .

٨-أعد مفتاح ضبط خرج وحدة التغذية إلى الصفر ثم إفصل مفتاح تشغيلها .

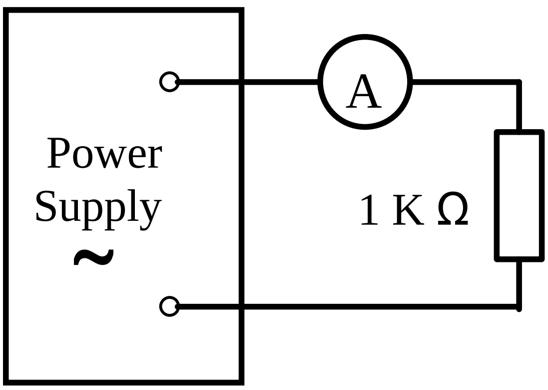
٩-ارسم العلاقة بين خرج وحدة التغذية كمحور رأسي وقراءة الأمبيرومتر كمحور أفقي على ورقة رسم بياني.

١٠- ماذا تستنتج من الرسم ؟

رابعاً : قياس التيار المتردد :

١- اضبط وحدة التغذية لتعطي تيار متردد كما في شكل (٤) مع توصيل نفس الدائرة السابقة.

٢- اضبط جهاز الامبيرومتر لقياس التيار المتردد.



شكل (٤)

٣- اختر مدى تدريج مناسب.

٤- اضبط خرج وحدة التغذية على الصفر ثم شغل مفتاح توصيل التيار الكهربي لها.

٥- سجل قيمة التيار المار في المقاومة المقابل لخرج صفر مللي أمبير من وحدة التغذية وسجل القراءة في الخانة الاولي من الجدول الآتي :

خرج منبع التغذية بالمللى أمبير	٠	٢٠٠	٤٠٠	٦٠٠	٨٠٠	١٠٠٠
قراءة الأمبيرومتر بالميللى أمبير						

٦- زد خرج وحدة التغذية إلى (٢٠٠) مللي امبير وسجل قراءة الامبير في الخانة الثانية من الجدول .

٧- كرر الخطوة السابقة بزيادة خرج وحدة التغذية الى القيم المبينة بالجدول وسجل قراءة الامبيرومتر المقابلة لكل زيادة فى الجدول .

٨- أعد مفتاح ضبط خرج وحدة التغذية الى الصفر ثم افصل مفتاح تشغيلها وكذلك الدائرة .

٩- ارسم العلاقة بين خرج وحدة التغذية كمحور رأسي وقراءة الامبيرومتر كمحور أفقي على ورقة رسم بيانى .

١٠- ماذا تستنتج من الرسم ؟

تجربة (٢)

تجربة (٢ – أ) :

الغرض من التجربة : دراسة وتحقيق قانون أوم عملياً

مقدمة : نص قانون اوم (في حالة ثبوت درجة الحرارة تتناسب شدة التيار (I) المار في مقاومة (R) تناسباً طردياً مع الجهد الكهربي (V) المسلط عليه) ويمكن كتابة قانون أوم على عدة صورة كالاتي :

$$V = I.R \qquad I = \frac{V}{R} \qquad R = \frac{V}{I}$$

الاجهزة والمعدات المطلوبة:

١- لوحة توصيلات لعمل القياسات .

٢- جهاز فولتميتر تيار مستمر من (صفر) إلى (١٠) فولت .

٣- جهاز اميتر تيار مستمر من (صفر) إلى (١) أمبير .

٤- وحدة تغذية بالتيار المستمر من (صفر) حتى (١٠) فولت .

٥- ثلاثة مقاومات (١، ١٠ ، ٤٧) ك . أوم – ٠.٥ وات .

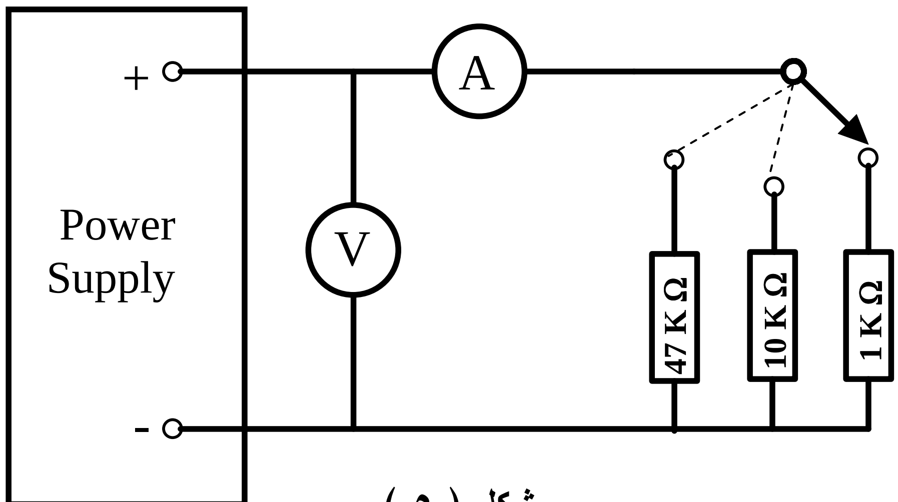
٦- اسلاك توصيل .

خطوات العمل :

١- وصل دائرة القياس كما بشكل (٥) .

٢- وصل المقاومة (١) كيلو أوم بالدائرة

٣- اضبط خرج وحدة التغذية على صفر ثم شغل مفتاح توصيل التيار الكهربي لها



شكل (٥)

٤- غير في قيمة جهد خرج وحدة التغذية على خطوات كل منها واحد فولت . ثم سجل مقابل ذلك شدة التيار المار بالمقاومة (١) كيلو أوم عند كل خطوة كما بالجدول الآتي:

جهد الدخل بالفولت		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
شدة التيار بالمللي أمبير	١ك أوم										
	١٠ك .أوم										
	٤٧ك أوم										

٥- أعد مفتاح التحكم في خرج وحدة التغذية الى الصفر ثم افصل مفتاح تشغيلها .

٦- استبدل المقاومة (١) ك أوم بالمقاومة ١٠ ك ١٠ أوم .

٧- كرر الخطوة (٤) مع تسجيل شدة التيار أمام المقاومة (١٠) ك . أوم .

٨- كرر الخطوة (٥)

٩- إستبدل المقاومة (١٠) ك . أوم بالمقاومة (٤٧) ك . أوم .

١٠- كرر الخطوة (٤) مع تسجيل شدة التيار أمام المقاومة (٤٧) ك . أوم .

١١- ارسم العلاقة بين فرق الجهد ممثلاً على المحور الرأسي وشدة التيار ممثلاً على المحور الافقى وذلك للثلاث مقاومات في رسم بياني واحد .

١٢- من الرسم وضح العلاقة بين فرق الجهد والتيار في الحالات الثلاث السابقة .

تجربة (٢ - ب) :

الغرض من التجربة : حساب قيمة مقاومة مجهولة بمقارنتها بأخرى معلومة

الأجهزة والمعدات المستخدمة :

١- عدد ٢ جهاز أفوميتر تيار مستمر

٢- وحدة تغذية تيار مستمر

٣- مقاومة معلومة القيمة وأخرى مجهوله القيمة

خطوات العمل :

١- وصل الدائرة والأجهزة كما بالشكل (٦)

٢- وصل منبع التغذية وأرفع جهده إلى قيمة معينه

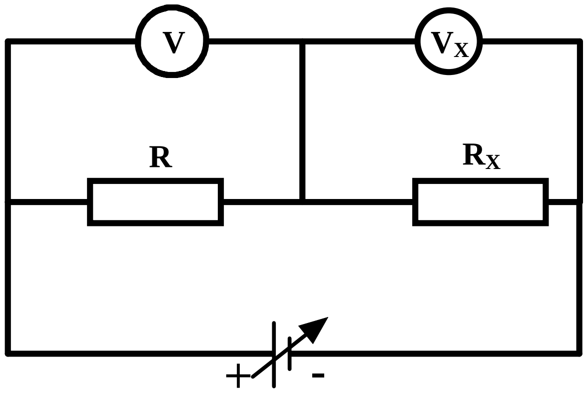
٣- سجل قراءة كل من V_X ، V

٤- بمعلومية قيمة R احسب R_X كالآتى :

حيث أن المقاومتان متصلتان على التوالى يكون التيار I ثابت وعلى ذلك فإن :

$$\frac{V}{R} = \frac{V_X}{R}$$

$$\therefore R_X = R\frac{V_X}{V} .....\Omega$$



شكل (٦)

تجربة رقم (٣)

دراسة توصيل المقاومات " توالي – توازي "ومعرفة خواص كل منها

تجربة (٣ – أ) :

الغرض من التجربة : دراسة كيفية توصيل المقاومات على التوالي ودراسة خصائص دائرة التوالي

الاجهزة والمعدات المطلوبة :

١–لوحة توصيلات لعمل القياسات .

٢–عدد (٤) فولتميتر تيار مستمر من (صفر) إلى (١٠) فولت .

٣–عدد (٤) أميتر تيار مستمر من (صفر) إلى (١) أمبير .

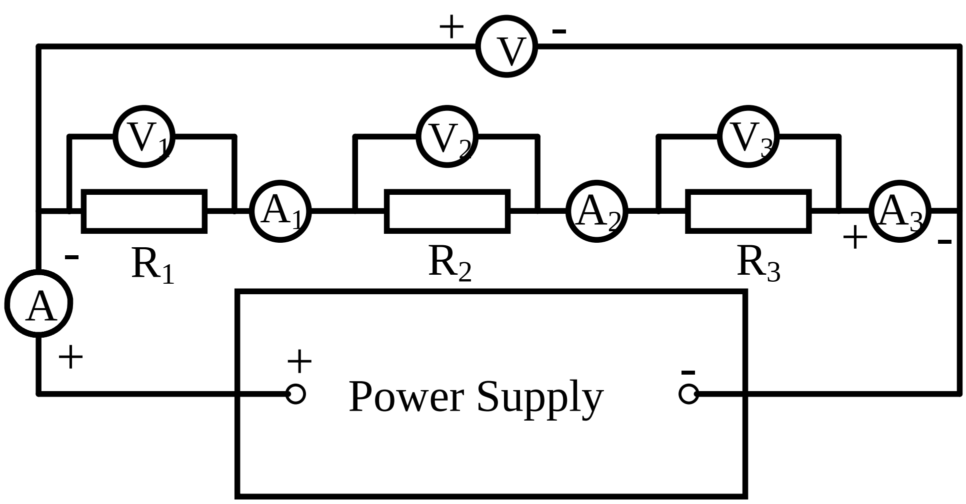
٤–مصدر تغذية بالتيار المستمر من (صفر) حتى (١٠) فولت .

٥–ثلاثة مقاومات (١، ١٠ ، ٤٧) كيلو اوم – ٠.٥ وات .

٦–أسلاك توصيل .

خطوات العمل :

١– وصل دائرة القياس كما بشكل (٧)



شكل (٧)

٢– أضبط مفتاح التحكم في خرج الوحدة على صفر فولت ثم شغل مفتاح توصيل التيار الكهربي لها .

٣–غير في قيمة جهد خرج وحدة التغذية والذى يقيسه الجهاز (V) على خطوات كل منها (٢) فولت . ثم سجل قراءة كل جهاز عند كل خطوة كما في الجدول.

فولتV	0	2	4	6	8	10	القيمة المتوسطة ك أوم
V_1 فولت							
V_2 فولت							
V_3 فولت							
A مللي أمبير							
A_1 مللي أمبير							
A_2 مللي أمبير							
A_3 مللي أمبير							

٤-أعد مفتاح التحكم فى خرج وحدة التغذية الى الصفر ثم افصل مفتاح تشغيلها وكذلك أفصل الدائرة .

الاستنتاج:

١-ما هى العلاقة بين قراءات الأمبيرومترات الاربعة في كل حالة .

٢-ما هى العلاقة بين قراءة الفولتميتر (V) وحاصل جمع القراءات للفولتميترات الاخرى

٣-يمكن استخدام توصيلة التوالي للحصول على جهود مختلفة أى تستخدم هذه التوصيلة لتقسيم الجهد .

٤-أوجد حسابياً قيمة كل مقاومة وسجلها في الجدول .

$$R_1=\frac{V_1}{A_1} \qquad R_2=\frac{V_2}{A_2} \qquad R_3=\frac{V_3}{A_3}$$

٥-أوجد حسابياً قيمة المقاومة المكافئة في كل مرة وسجلها في الجدول حيث

$$R=\frac{V}{A}$$

٦- احسب القيمة المتوسطة لكل مقاومة من المقاومات السابقة وسجلها فى الخانة الاخيرة

٧-قارن بين القيمتين المتوسطتين للمقاومات (R) و $(R_1+R_2+R_3)$

ملحوظة هامة :

قد يجد الطالب فروقاً طفيفة بين النتائج العملية والدراسات النظرية ويرجع ذلك لأسباب كثيرة منها الأخطاء المصاحبة لعملية القياس من خطأ ناتج من دقة القياس الى خطأ ينتج من

الشخص الذى يأخذ قراءة الجهاز إلى خطأ من اختلاف ظروف القياس عن الظروف القياسية المعاير فيها جهاز القياس ..... الخ .

تجربة رقم ٣ – ب

الغـرض مـن التجربــة : دراسـة كيفيـة توصـيل المقاومـات علـى التـوازي ودراسـة خصـائص دائـرة التوازي.

الاجهزة والمكونات :

١- لوحة توصيلات لعمل القياسات .

٢- عدد (٤) جهاز امبيرومتر تيار مستمر من (صفر) إلى (١) أمبير .

٣- فولتميتر تيار مستمر من (صفر) إلى (١٠) فولت .

٤- وحدة تغذية بالتيار المستمر من (صفر) حتى (١٠) فولت

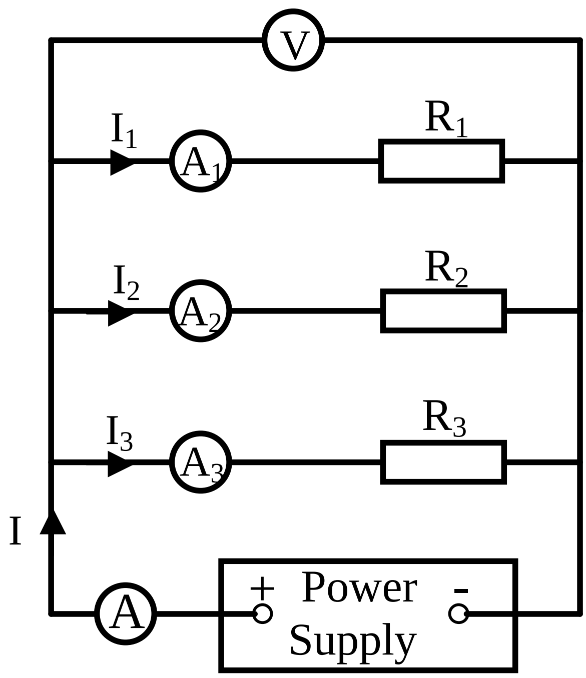
٥- ثلاثة مقاومات (١ ، ١٠ ، ٤٧) ك . أوم – ٠.٥ وات .

٦- اسلاك التوصيل .

خطوات العمل :

١- وصل الدائرة كما بشكل (٨)

٢- اضبط مفتاح التحكم في خرج وحدة التغذية على الصفر ثم شغل مفتاح توصيل التيار الكهربى لها .



شكل (٨)

٣- غير في قيمة جهد وحدة التغذية Power sapply – الذي يقيسه جهاز الفولتميتر على خطوات بين كل منها (٢) فولت بدءاً من الصفر ثم سجل قراءة كل جهاز عند كل خطوة كما بالجدول الآتي :

V فولت	0	2	4	6	8	10	القيمة المتوسطة
A مللي امبير							
A_1 مللي أمبير							
A_2 مللى أمبير							
A_3 مللى أمبير							
R_1 كيلو أوم							
R_2 كيلو أوم							
R_3 كيلو أوم							
R كيلو أوم							

٤- أعد مفتاح التحكم في خرج وحدة التغذية إلى الصفر ثم افصل مفتاح تشغيلها وكذلك الدائرة .

الاستنتاج :

١- ما هى العلاقة بين قراءة الفولتميتر على المنبع الكلي وعلى طرفي كل مقاومة ؟

٢- ما هى العلاقة بين قراءة الاميتر (A) والامبيرومترات الثلاثة A_3, A_2, A_1 في كل حالة .

٣- أوجد حسابياً قيمة كل مقاومة في كل مرة وسجلها في الجدول .

٤- يمكن استخدام توصيلة التوازى للعمل بها كمجزءات للتيار .

$$R_1 = \frac{V}{I_1} \qquad R_2 = \frac{V}{I_2} \qquad R_3 = \frac{V}{I_3}$$

٥- اوجد حسابياً قيمة المقاومة المكافئة (R) في كل مرة وسجلها في الجدول حيث

$$R = \frac{V}{I}$$

٦- احسب مقلوب $\left(\frac{1}{R_1}, \frac{1}{R_2}, \frac{1}{R_3}, \frac{1}{R}\right)$ في كل مرة وأوجد القيمة المتوسطة لكل منهم

٧- قارن بين حاصل جمع القيم المتوسطة $\left(\frac{1}{R_1}, \frac{1}{R_2}, \frac{1}{R_3}\right)$ والقيمة المتوسطة $\left(\frac{1}{R}\right)$

٨- من المعلوم أن قيمة المقاومات التي استخدمتها هى (١، ١٠، ٤٧) كيلو اوم فأوجد حسابياً جمع مقلوباتها ثم قارن بين النتيجة التى حصلت عليها والنتيجة التي حصلت عليها من بند ٦ السابق في هذا الاستنتاج .

تجربة رقم (٤)

كيفية تعيين حث الملف وسعة المكثف

تجربة رقم (٤- أ) :

تعيين معامل الحث الذاتي لملف حثى مستدير المقطع

الغرض من التجربة : إيجاد معامل الحث الذاتي لملف حثى مستدير المقطع .

الأجهزة المطلوبة : -

١-منبع تيار متغير من (صفر - ٢٢٠ فولت) .

٢-منبع تيار مستمر من (صفر - ٣٠ فولت) .

٣-جهاز فولتميتر تيار مستمر من (صفر- ١٠ فولت) .

٤-جهاز امبيرومتر تيار مستمر من (صفر - ١ أمبير)

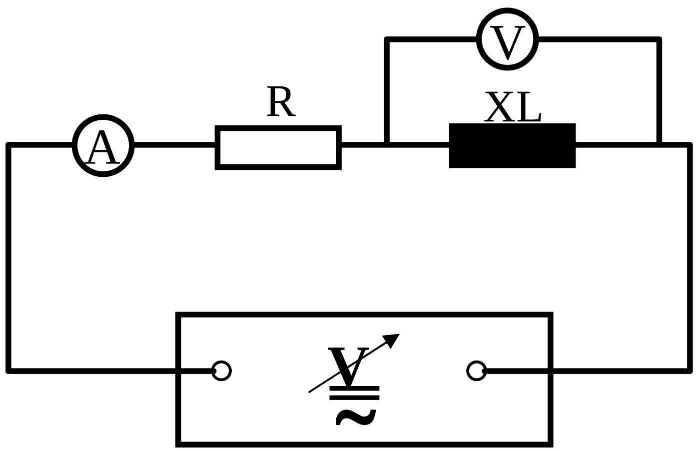
٥-جهاز فولتميتر تيار متغير من (صفر - ٣٠٠ فولت)

٦-جهاز امبيرومتر متغير من (صفر - ١٠ أمبير)

٧-ملف حثى .

٨-مقاومة سلكية ١٠ أوم .

٩- اسلاك توصيل



شكل (٩)

خطوات التجربة :

١-وصل الدائرة بمنبع تيار مستمر وبأجهزة قياس التيار المستمر في شكل (٩)

٢- خذ قراءة الأجهزة ودونها في جدول .

٣- عين قيمة المقاومة المادية للملف والمقاومة المعلومة معاً لتكن R_t

$$R_t = \frac{V}{I}$$

عين قيمة المقاومة المادية للملف r

$$r = R_t - R$$

٤- وصل منبع التيار المتغير بدلاً من منبع التيار المستمر مع تبديل أجهزة القياس للتيار المتغير بأجهزة القياس للتيار المستمر .

٥-وصل التيار بالدائرة ودون قراءة الفولتميتر والأمبيرومتر .

٦-كرر الخطوة السابقة بتغيير جهد المنبع.

٧-احسب قيمة الاعاقة الكلية Z من العلاقة .

$$Z = \frac{V}{I}$$

احسب قيمة ممانعة الملف من العلاقة:

$$X_L = \sqrt{Z^2 - (R+r)^2}$$

احسب قيمة معامل الحث الذاتي للملف من العلاقة .

مع إعتبار تردد المنبع f = 50 Hz

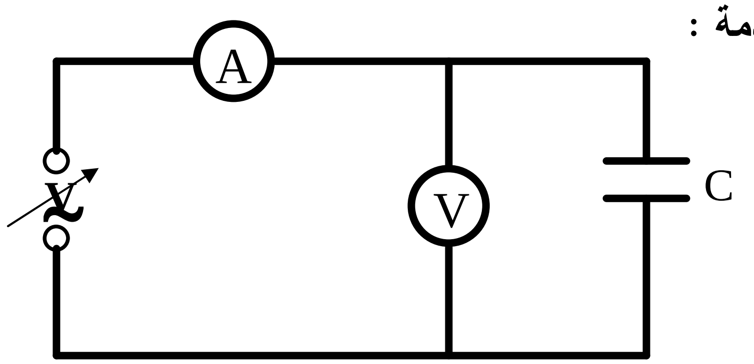
$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \qquad Henary$$

تجربة رقم (٤– ب) :

تعيين سعة المكثف

الغرض من التجربة : تعين سعة المكثف

الاجهزة المستخدمة :



شكل (١٠)

١–منبع تيار متردد ٥٠ ذ/ث ذو جهد متغير من (صفر – ٢٠٠ فولت) .

٢–المكثف المراد تعيين سعته .

٣–فولتميتر تيار متغير (صفر إلى ٣٠٠ فولت)

٤–مللي أمبير تيار متغير (صفر – ١٠٠٠مللى أمبير)

٥–اسلاك توصيل .

خطوات التجربة:

١–وصل الدائرة كما بشكل (١٠)

٢–بدءاً من الصفر يتم تغذية الدائرة بالتيار المتغير وخذ قراءة الأجهزة ودونها بالجدول المبين .

الجهد V							
التيار I							

٣– غير جهد المنبع وسجل قراءة الأجهزة في الجدول .

٤–أوجد سعة المكثف في كل حالة من العلاقة .

$$C = \frac{I}{V \cdot \omega}$$

$$= \frac{I}{V \times 2\pi f} = ...Farad$$

مع إعتبار تردد المنبع f = 50 Hz

تجربة رقم (٥)

تحقيق قانونا كيرشوف للتيار والجهد

أولاً : تحقيق قانون كيرشوف الأول :

الغرض من التجربة: تحقيق قانون كيرشوف للتيار والذى ينص علي :

(مجموع التيارات الداخلة الى أى عقدة كهربية يساوى مجموع التيارات الخارجة منها)

أى أن

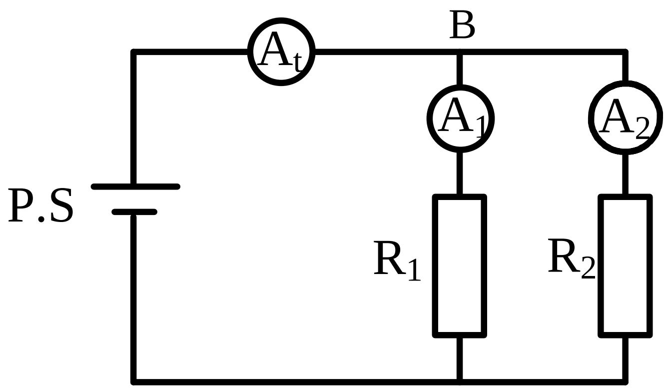
$$I_t = I_1 + I_2$$

الاجهزة اللازمة للتجربة :

١- منبع قدرة P. S تيار مستمر من (صفر – ٣٠ فولت) .

٢- أجهزة قياس التيار عدد (٣) امبيرومتر(من صفر – ١ أمبير) تيار مستمر .

٣- اسلاك توصيل .



شكل (١١)

خطوات التجربة :

١- وصل التجربة كما بشكل (١١) مع ضبط مؤشرات الاجهزة على صفر التدريج .

٢- وصل التيار الكهربي ثم إقرأ أجهزة القياس ودونها في جدول .

٣- غير قيمة جهد المنبع وخذ قراءة الاجهزة ودونها في جدول.

٤- كرر الخطوة السابقة بتغير جهد المنبع مع تدوين قراءة الأجهزة.

٥- افصل التيار وإفصل الأجهزة.

الاستنتاج :

١- نجد ان قراءة جهاز الامبيرومتر A_t تساوى مجموع قراءة كل من A_1 , A_2 ومن ذلك نستنتج أن مجموع التيارات الداخلة الى النقطة B تساوي مجموع التيارات الخارجة منها .

٢- إذن تحقق قانون كيرشوف الأول .

ثانياً : تحقيق قانون كيرشوف الثاني :

الغرض من التجربة : تحقيق قانون كيرشوف الثاني والذى ينص على:

في أى دائرة كهربية مغلقة "مسار مغلق " تكون مجموع القوى الدافعة الكهربية يساوى مجموع فروق الجهد بها .

مجموع ق . د . ك – مجموع (التيار × المقاومة) = صفر

$$\sum e.m.f - \sum I.R = 0$$

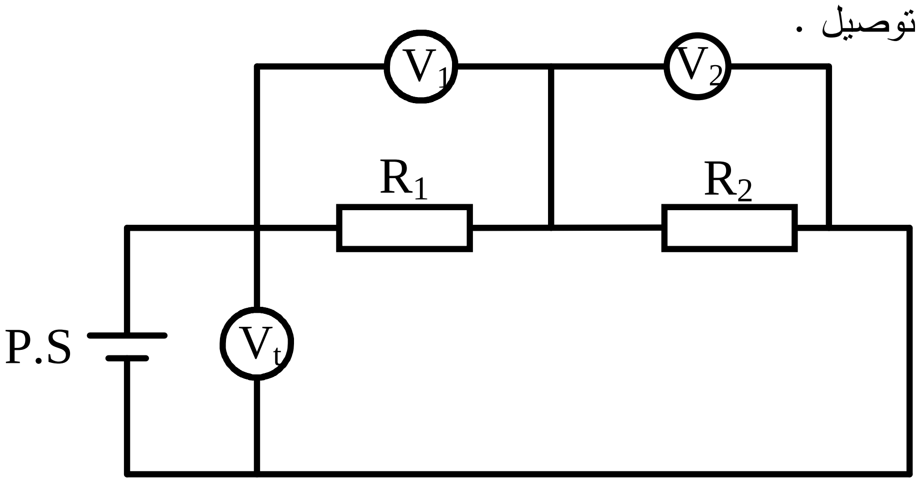
الاجهزة اللازمة :

١- منبع قدرة P.S تيار مستمر بجهد من (صفر-٣٠ فولت)

٢- عدد ٣ فولتمترات تيار مستمر من (صفر إلى ١٠٠ فولت)

٣- صندوق مقاومات .

٤- أسلاك توصيل .



شكل (١٢)

خطوات التجربة:

١- وصل التجربة كما بشكل (١٢) مع ضبط الأجهزة على صفر التدريج .

٢- وصل التيار وخذ قراءة الاجهزة ودونها في جدول .

٣- غير جهد المنبع وخذ قراءة الأجهزة ودونها فى جدول .

٤-كرر الخطوة السابقة مع تغيير الجهد وخذ قراءة الاجهزة ودونها في جدول.

الاستنتاج:

١-نجد ان قراءة جهاز الفولتميتر V_t تساوى مجموع قراءتي كل من الجهاز V_1 والجهاز V_2

أى أن:

$$V_t - (V_1 + V_2) = 0$$

٢-إذن تحقق قانون كيرشوف الثاني.

تجربة رقم (٦)

دراسة خواص ثنائي السيليكون

الغرض من التجربة : دراسة خواص ثنائي السيليكون

الاجهزة والمكونات المطلوبة :

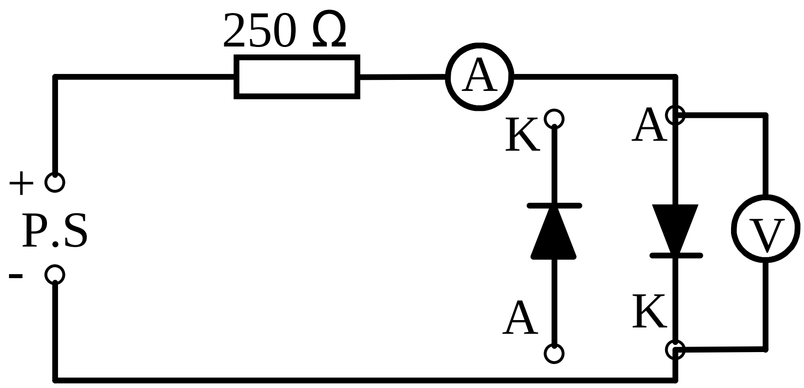
١- ثنائي سيليكون IN 4154 أو بديل .

٢- فولتميتر الكتروني

٣- آفوميتر (يستعمل كأميتر) .

٤- مقاومة ٢٥٠ أوم – ٢ وات .

٥- اسلاك توصيل



شكل (١٣)

طريقة العمل : -

١-يوضع الأفوميتر على وضع الأوميتر عين طرفي الكاثود والأنود للثنائى

٢- وصل الدائرة كما بشكل (١٣) ، مع توصيل ثنائي السليكون فى الإتجاه الأمامى

٣- غير في قيمة جهد المتبع على خطوات حتى يظهر الجهد (V) على طرفي الثنائي كما بالجدول ثم سجل قيمة التيار (I) المناظر لكل جهد كذلك إحسب قيمة مقاومة الثنائي عند كل خطوة .

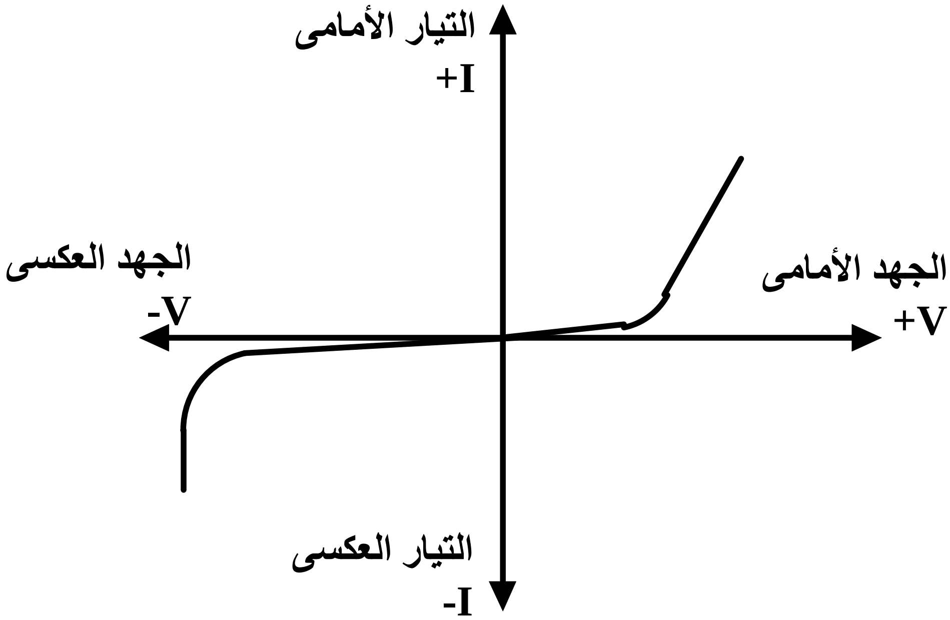
الجهد (V) فولت	صفر	٠.١	٠.٢	٠.٣	٠.٤	٠.٥	٠.٦	٠.٧	٠.٨
التيار (I) مللى أمبير									
المقاومة(R) أوم									

٤-إعكس وضع الثنائي . ثم غير في جهد المنبع بحيث يكون فرق الجهد على طرفي الثنائي كما في الجدول الثاني . سجل قيمة التيار المناظر لكل جهد وكذلك احسب مقاومة الثنائي عند كل خطوة .

الجهد (V) فولت	٥	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠

التيار (I) ميكرو أمبير								
المقاومة(R) أوم								

٥- من الجدولين الأول والثاني . إرسم منحنى الخواص لثنائي السليكون وذلك بين الجهد والتيار على ورق رسم بيانى كما بالشكل (١٤)



شكل (١٤)

أسئلة:

١- كيف يمكن تمييز طرفي الأنود والكاثود لثنائي سيليكون لا توجد عليه علامة تحدده.

٢- من التجربة ... ما هى قيمة الجهد الذى يبدأ بعده ثنائي السيليكون في التوصيل ؟

تجربة رقم (٧)

دراسة خواص ثنائى الزينر

الغرض من التجربة:

دراسة خواص ثنائى الزينر

الأجهزة والتجهيزات اللازمة:

١- ثنائي زينر المطلوب دراسة خواصه

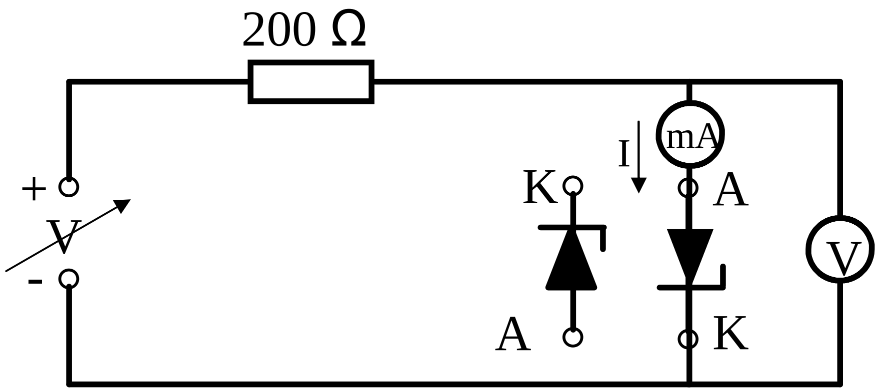
٢- مصدر تغذية بالتيار المستمر (من صفر – ٥٠ فولت)

٣- أفوميتر الكتروني

٤- مقاومة ثابتة ٢٠٠ أوم – واحد وات .

طريقة اجراء التجربة :

١- وصل الدائرة كما في الشكل (١٥) مع توصيل الزينر فى الإتجاه الأمامى



شكل (١٥)

٢- غير قيمة جهد الدخل من صفر حتى قيمة أعلى على خطوات

٣- عند كل خطوة سجل قراءة الأميتر والفولتميتر فى جدول كالآتى :

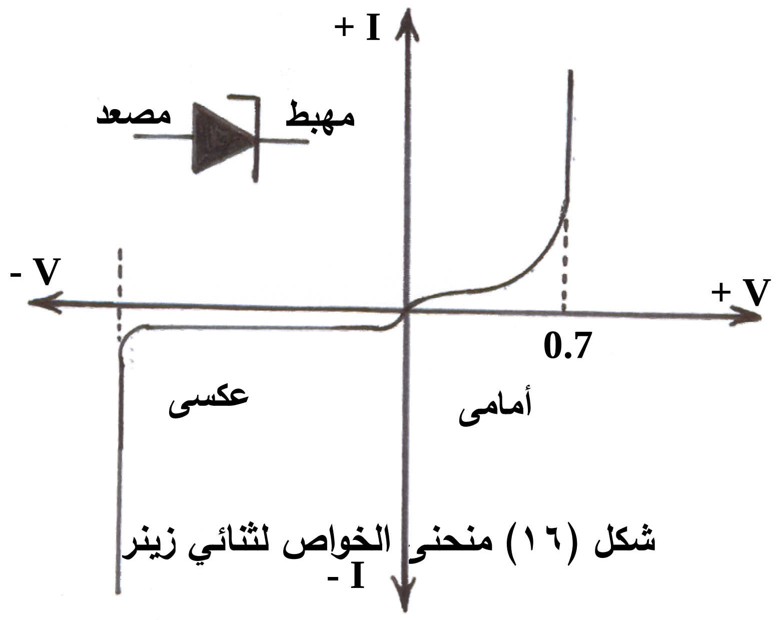
V(Volt)							
I(m.A)							

٤- غير إتجاه الزينر ليكون فى حالة توصيل عكسى

V(Volt)							
I(m.A)							

٥- كرر الخطوة ٢ ثم سجل النتائج فى جدول كالتالى

٦- من الجدول إرسم منحنى الخواص الأمامى والعكسى لثنائى الزينر ومن الرسم حدد جهد التنظيم لثنائى الزينر



شكل (١٦) منحنى الخواص لثنائي زينر

أسئلة :

- ثنائى الزينر يعمل عندما يكون فى الإتجاه ....
- هل كل ثنائى له قيمة إسمية لجهد الزينر؟
- ما الفرق بين ثنائى الزينر وثنائى السيلكون؟

تجربة رقم (٨)

دراسة خصائص الترانزستور ثنائي الوصلة موصل بطريقة المشع المشترك

الغرض من التجربة :

دراسة خواص الترانزستور الموصل بطريقة المشع المشترك وحساب قيمة β

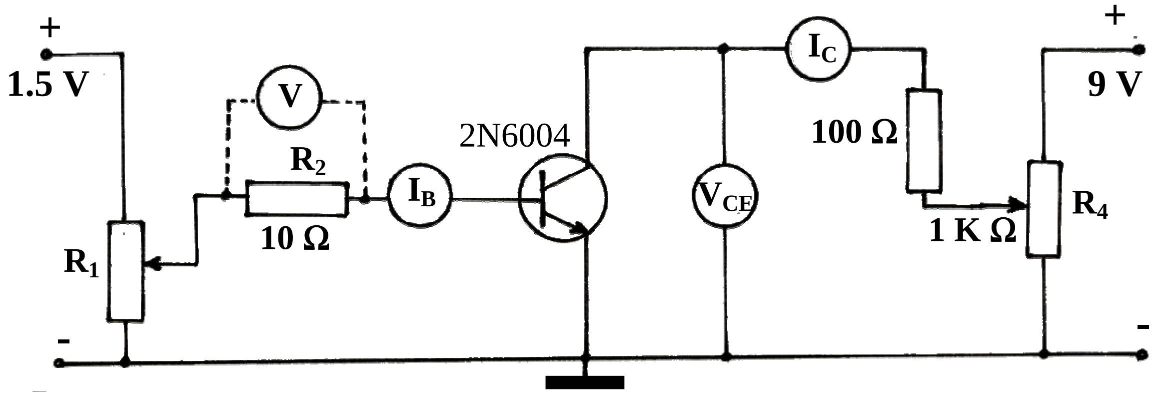
الاجهزة والتجهيزات:

١- لوحة منفذ عليها دائرة القياس كما في شكل (١٧) .

٢- عدد ٢ أمبيروميتر للتيار المستمر

٣- عدد ٢ فولتميتر للتيار المستمر

٤- مصدر تغذية بالتيار المستمر 9 V وآخر 1.5 V



شكل (١٧)

طريقة العمل :

١- وصل الدائرة كما في شكل (١٧) .

٢- غير قيمة R_1 لكى تحصل على قراءة للأمبيرومتر I_B ولتكن $20\mu.A$ – عند قيمة معينة لـ (V_{CE})

٣-غير قيمة (V_{CE}) من قيمة صغرى إلى قيمة عظمى على خطوات (عن طريق تغيير قيمة R_4)

٤- عند كل تغيير فى V_{CE} يتغير I_C ، سجل قراءة كل من الفولتميتر V_{CE} والأمبيرومتر I_C عند كل تغيير فى جدول كالموضح

$I_B = 20\ \mu.A$

V_{CE} (volt)						
I_C (m.A)						

٥-غير قيمة R_1 لكى تحصل على قراءة للأمبيرومتر I_{B2} ولتكن 40 µ.A عند نفس قيمة (V_{CE}) بالخطوة (٢) .

٦- كرر الخطوتين (٣،٤) لتحصل على الجدول

$I_B = 40\ \mu.A$

V_{CE} (volt)						
I_C (m.A)						

النتائج :

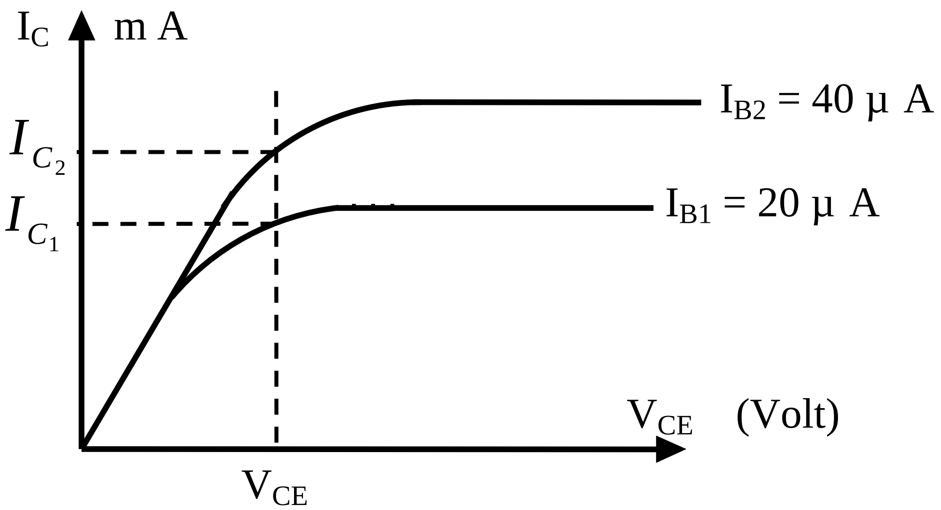
من الجدولين عند قيمة ثابتة لـ (V_{CE}) أوجد قيمة I_{C1} من الجدول الأول ، I_{C2} من الجدول الثانى ويكون :

$$\triangle I_C = I_{C2} - I_{C1}$$
$$\triangle I_B = I_{B2} - I_{B1}$$

وتكون

$$\therefore \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

ومن الجدولين إرسم العلاقة بين V_{CE} ، I_C عند ثبات I_B – ينتج منحنيين كما بالشكل (١٨)



شكل (١٨)

عند نقطة ثابتة على محور (V_{CE}) أقم عمود يقطع المنحنيين فى نقطتين ، قم بإسقاط نقطتى التقاطع على محور I_C تحصل على $\triangle \mathbf{I_C}$

وحيث أن

$$\triangle \mathbf{I_B = I_{B2} - I_{B1}}$$
$$\mathbf{= 40 - 20 = 20\ \mu\ A}$$

فتكون

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

ملاحظة :

يمكن قياس I_B بقياس فرق الجهد على طرفى R_2 (10 KΩ) ومن قانون أوم يمكن حساب I_B.
حيث يتم ضبط R_1 لكى يقرأ الفولتميتر (0.2 V) ليكون I_{B1}=20 μ A ويقرأ الفولتميتر (0.4 V) ليكون I_{B2}= 40 μ A .